

English Abstract of JPA09-3-1996 which corresponds to USP6,072,464

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

JPA 09-3-1996(11) Publication number: **09321996 A**(43) Date of publication of application: **12.12.97**

(51) Int. Cl.

H04N 1/46
G03F 3/08
H04N 1/60

(21) Application number: **08137087**(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**(22) Date of filing: **30.05.96**(72) Inventor: **OZEKI TORU**(54) **COLOR REPRODUCTION METHOD**

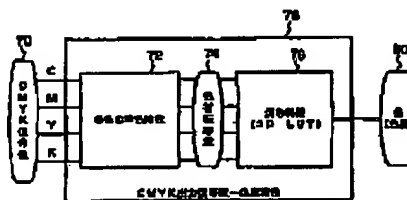
the color reproduction is realized with high accuracy.

(57) Abstract

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To reproduce an optional color easily with high accuracy without the needed for lots of preparation man-hours.

SOLUTION: The method conducts conversion between a CMYK signal value 70 and an optional chromaticity 80, processes a color material transfer amount 74 being a physical amount as an intermediate amount, each characteristic such as a monochromatic characteristic 72 representing the relation between the signal value 70 and the color material transfer amount 74 and a cross color characteristic 76 representing the relation between each color material transfer amount 74 (ink amount) of a plurality of ink sets and the chromaticity 80 is obtained and the signal chromaticity characteristic resulting from synthesizing the obtained monochromatic characteristic 72 and the color mixture characteristic 76 is obtained as a color conversion table 78. Thus, the monochromatic characteristic and the color mixture characteristic are obtained separately and the relation between the signal value and the chromaticity is decided based on the color conversion table 78 depending on the obtained characteristic and



JPA09-321996 which corresponds to USP 6,072,464

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-321996

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H04N 1/46			H04N 1/46	Z
G03F 3/08			G03F 3/08	A
H04N 1/60			H04N 1/40	D

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願平8-137087
(22) 出願日 平成8年(1996)5月30日

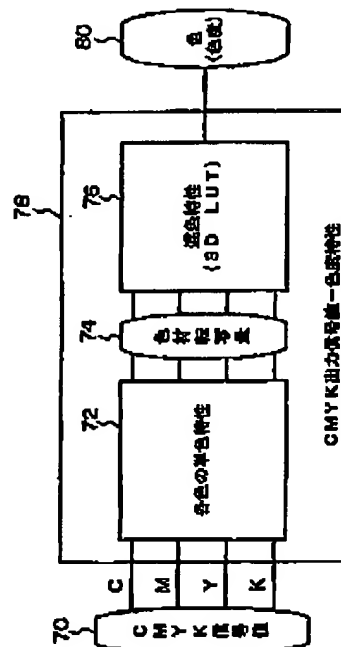
(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(72) 発明者 大岡 徹
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外4名)

(54) 【発明の名称】 色再現方法

(57) 【要約】

【課題】 多くの準備工数を要することなく簡単かつ高精度に任意の色を色再現する。

【解決手段】 CMYKの信号値70と任意の色度80との間での変換を行うものとして、物理量である色材転写量74を中間量として扱い、信号値70に対する色材転写量74の関係を表す単色特性72と、複数インクの各色材転写量74（インク量）と色度80の関係を表す混色特性76との各特性を求めて、求めた単色特性72及び混色特性76から構成し、これらを合成した信号値・色度特性を色変換テーブル78として求める。このように単色特性と混色特性を分離して求め、求めた特性による色変換テーブル78によって、信号値と色度との間の関係を定めることができ、高精度で色再現を実現する。



(2)

特開平9-321996

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の基本色を備え、所定色として第1の表色系で表された色情報値を、被色再現媒体へ前記複数の基本色の混色で色再現するときの各基本色の形成量を定めるために前記第1の表色系と異なる第2の表色系で表されたデバイス値に変換して該デバイス値に応じた色を出力することによって被色再現媒体に前記所定色を再現する色再現装置において、前記複数の基本色の混色で色再現するときの各基本色の形成量と、前記形成量を定めるためのデバイス値との関係を表す前記各基本色毎の単色特性を求め、

求めた単色特性に基づいて、前記複数の各基本色の所定形成量と該各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との関係を表す混色特性を求め、

求めた単色特性及び混色特性に基づいて、前記第1の表色系の任意の各色の色情報値を前記デバイス値に変換する、色再現方法。

【請求項2】 減法混色が成立する複数の基本色を合成することによって任意の色を形成することが可能な減法混色の色再現装置において、前記単色特性及び前記混色特性を求めることを特徴とする請求項1に記載の色再現方法。

【請求項3】 前記混色特性は、前記複数の各基本色の所定形成量と該各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との複数の関係に基づいて、スプライン補間することにより任意の色度に対応する各基本色の形成量を推定することを特徴とする請求項1または2に記載の色再現方法。

【請求項4】 前記単色特性及び前記混色特性を求めたときの前記基本色を形成するための色材と異なる色材を用いるとき、略同一色の色材のときには、前記単色特性のみを求めることを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の色再現方法。

【請求項5】 前記異なる色材を用いて単色特性を求める場合、前記異なる色材の単色特性は前記異なる色材の形成量と、前記形成量を定めるためのデバイス値との関係から求め、求めた異なる色材の単色特性における最大形成量が前記異なる色材以外の他の色材の単色特性における最大形成量未満のとき、当該他の色材の単色特性について、最大形成量として前記異なる色材の最大形成量を設定すると共に、異なる色材の最大形成量を越える形成量に対応するデバイス値に前記異なる色材の単色特性における最大形成量に対応させ、前記各基本色毎の単色特性を求めることを特徴とする請求項4に記載の色再現方法。

【請求項6】 前記再現する所定色の色味を調整するとき、前記複数の単色特性のうち調整すべき色味に対応する単色特性を調整することを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れか1項に記載の色再現方法。

【請求項7】 前記形成量は、形成量に応じて形成された色または該形成量を定めるデバイス値により形成された色と、前記被色再現媒体の色との色差であることを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れか1項に記載の色再現方法。

【請求項8】 前記単色特性は、前記各基本色毎に、前記色再現媒体の色と最大形成量による色との間の色差が略均等となる複数の色のチャートを作成し、作成されたチャートを用いて求めることを特徴とする請求項7に記載の色再現方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、色再現方法にかかり、特に、多色印刷や多色表示等をするときに所定の色を再現する色再現方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 物体表面や原画像等の色は、周知のようにCIE標準のXYZ表色系の3刺激値(X, Y, Z)で表される色度で表すことができ、色度図上で標準的に特定できる。この3刺激値X, Y, Zは、物体等からの反射または透過光の分光分布が測定できれば、求め得ることも知られている。

【0003】 近年、例えば、デザイン業務の分野ではデザイン評価のため、デザイナーが所望する色を忠実に再現できる色再現技術の必要性が叫ばれている。すなわち、コンピュータを用いてデザイン業務等を行う場合には、デザイナーが所望する任意の色度や測定等によって得られた色、及びそれらの色を含む画像等を、正確にCRTディスプレイ（以下、CRTという）へ表示したり、ハードコピー装置を用いて正確に色再現する必要がある。

【0004】 また、近年の情報通信網の発展に伴い、遠隔地間で画像や色を表す情報を授受することも可能になってきており、その場合には双方のCRTやハードコピー装置において同一の色（色や画像を表す）情報を同一の色として出力する必要がある。

【0005】 図1には、加法混色のプロセスによるCRTに任意の色を表示させる一般的な方法を示した。この方法では、任意の三刺激値(X, Y, Z)で表される色度10は、CRTの赤緑青（以下、RGBという。）各蛍光体の色度を用いた行列式による変換処理12によってRGBの発光強度14へ変換され、この後にCRTのデバイス値である信号値18へ変換される。この発光強度14から信号値18への変換処理16には、発光強度と信号値（例えば印加電圧）との関係を示すモデル式を用いて変換する方法（R. S. Berns, R. J. Motta and M. E. Gorzynski, CRT Colorimetry, Part I: Theory and Practice, COLOR research and application Vol. 18 (No. 5), pp. 299-314, 1993 参照）や、ルックアップテーブル（以下、LUTという）を用いて変換する方法（D. L. Post and C. S. Calhoun, An evaluation of methods for produci

(3)

特開平9-321996

3

4

ng specific colors on CRTs, Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting, pp. 1276-1280, 1987, 参照)がある。この信号値18をCRTディスプレイシステム(CRTとD/A変換器を組み合わせたシステム、以下CRTシステムという)へ入力させることにより、任意の三刺激値(X, Y, Z)で表される色度の表示が可能になる。

【0006】CRTで任意の色度の色を色再現するためには、信号値と蛍光体の発光強度との関係として、各信号値に対応した蛍光体の発光強度を全て把握する必要がある。しかし、全ての信号値について蛍光体の発光強度を測定することは、膨大な測定点数となるので現実的で

はない。このため、CRTの特性を予めモデル化し、少数の測定点からそのモデル式のパラメータを求め、測定点以外の信号値に対する蛍光体の発光強度については、モデル式の計算値から求めることが多い。

【0007】発光強度から信号値への変換にモデル式を用いた方法を適用する場合には、CRTのRGB各蛍光体の色度は、予めRGB各蛍光体を最大発光させ、その色度を色度計で計測する。また、発光強度から信号値への変換処理のためのモデル式は、一般的に各単色毎に以下に示す(1)式で表すことができる。

【0008】

【数1】

$$Y = Y_0 + (Y_c - Y_0) \cdot (D/255)^{\gamma} \quad \dots(1)$$

ただし、Y : 発光強度

Y₀ : 信号値0の時の発光強度

Y_c : 信号値最大の時の発光強度

D : 任意の信号値

γ : CRTのガンマ特性値

【0009】上記の(1)式のガンマ特性値γは、RGBの各単色について予め複数の信号値での発光強度を測定し、その測定値から予め求める。このようにCRTの特性がモデル化されたモデル式を用いて測定点以外の信号値に対する蛍光体の発光強度を求めることができる。

【0010】一方、発光強度と信号値との関係をLUTで表わす場合には、各単色について予め複数の信号値での発光強度を測定し、その測定値を線形補間することにより、任意の信号値に対する発光強度を求める。このように、モデル式を用いる方法に代えて、測定点以外の信号値に対する蛍光体の発光強度を、測定したデータの直線補間で求める方法がある。この場合には、モデル式の精度等を考慮する必要がなく、必ずしも理想的な挙動を示さない実際のCRTシステムでも、信号値と蛍光体の発光強度との関係を表現することができる。

【0011】しかしながら、加法混色について理想的な挙動を示さないCRTシステムも存在する。例えば、RGB色の各々を所定の信号値で単色表示した場合と、RGB各色を所定の信号値で同時に表示する混色表示した場合とでは、同一の信号値であるにも拘わらず各色の発光強度が異なる場合がある。この場合には単色表示された色を測定することによって求めた発光強度・信号値特性では高精度に色再現することができない。すなわち、RGB各色を単色表示したときに得た三刺激値の各々を合成(加算)した三刺激値と、RGB各色を混色表示したときに得た三刺激値とが不一致となり、単色表示と混色表示の不整合という現象が生じる(加法混色の不整合)。例えば、信号値を127としたとき、以下の不等式に示すように、RGB各色毎に単色表示させて測定し

た三刺激値を加算した三刺激値は、RGB各色を同一の信号値で混色表示させて測定した三刺激値と一致しないことがある。

【0012】(X_a, Y_a, Z_a) ≠ (X₁, Y₁, Z₁) + (X₂, Y₂, Z₂) + (X₃, Y₃, Z₃)

但し、(X_a, Y_a, Z_a) : (R_a, G_a, B_a) = (127, 127, 127) のときの三刺激値

(X₁, Y₁, Z₁) : (R_a, G_a, B_a) = (127, 0, 0) のときの三刺激値

(X₂, Y₂, Z₂) : (R_a, G_a, B_a) = (0, 127, 0) のときの三刺激値

(X₃, Y₃, Z₃) : (R_a, G_a, B_a) = (0, 0, 127) のときの三刺激値

【0013】また、減法混色のプロセスによるハードコピー装置で任意の色度のハードコピーを作成する場合には、発光強度に対応するデータを求めることが困難なため、図2に示すように一般的に信号値と色度の関係を表した最小二乗法による色予測式や3次元LUT(以下、3D-LUTという)等の変換処理20によって、任意の色度10は、例えば、シアン、マゼンタ、イエロー、及びブラック(以下、CMYKという。)信号値22に変換される。なお、減法混色ではCMYの各々の組み合わせからK色に相当する色を生じさせることもできるため、信号値としてK色を除外したCMYのみで信号値を構成することもできる。

【0014】このように、減法混色のプロセスによる色再現装置で高精度な色再現を実現するためには、CMYKの信号値と色度との関係を把握することが重要である。その方法として、網点による印刷において色再現す

(4)

特開平9-321996

5

る場合にのみ適用が可能なNeugebauer方程式を利用した解析的手法や最小自乗法等の統計による方法、及びLUTによる方法等がある。また、減法混色のプロセスでは単色の色再現と混色の色再現が異なる点を考慮し、単色毎の処理、混色に対する処理を分離して色再現する方法が知られている(特公平7-123284号公報参照)。しかし、この技術では、単色毎の処理、混色に対する処理を分離しているものの、単色と混色の関連について十分な考慮がなされていず、十分な色再現精度を得ることができない。また、単色毎の処理によって色材の単色特性を補正することが困難なため、例えば色材製造ロット間の色差補正等が困難である。

【0015】LUTによる方法としては、解析光学濃度に対する単色LUTを用いて色再現する技術(特公平7-28426号公報参照)が知られている。この技術では出力時に単色LUTのみから色再現しているため、十分な色再現精度が得られない。また、単色LUTは解析光学濃度に対するものであるため、データ単位管理や測定工数等に多くの工数を必要とする。

【0016】3D-LUTを利用して色再現する技術(特開昭53-123201号公報、特開昭56-14237号公報参照)も知られている。この技術では、3D-LUTを用いて色再現しているが、単色毎に異なる特性を考慮していないので、例えば、色材製造ロット間の色差を補正することが困難である。このため、3D-LUTを用いて色再現精度向上を実現するために、スプライン補間を利用する方法が知られている(特開平7-50760号公報参照)。この技術では、データ数は整数の3乗である必要があり、例えば、データ数125個(5の3乗)の次のデータ数は216個(6の3乗)となってしまう、膨大なデータ数を必要としていた。

【0017】このように、ハードコピー装置では、色再現精度向上のためには詳細な発熱温度・染料転写量特性を考慮する必要があるが、3D-LUTにおいて実施するためには多大な記憶容量が必要となり、処理速度が増加したり、装置がコスト高になったりする。また、信号値と色度の関係を直接、かつ、詳細に求めるためには、多大な測定データが必要であった。さらに、色再現において各種の補正、例えば、色材製造ロット間の色差を補正する場合には、測定や演算を再度行って3D-LUTを作成する必要があり、工数の増大と共に処理時間が増加する。また、白バランス調整のような色味を調整(色調整)する場合、3D-LUTの一部または全体の対応を要する等の処理が必要であり、プロセスが複雑であった。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の色再現方法では、再現精度は測定点の数に依存し、精度を向上させるためには、測定点数を多くすることが必須であると共に、多くの測定工数を要することになる。CR

6

Tやハードコピー装置の特性は経時変化を伴うため、頻繁に測定を行ってそのときの装置の特性を反映して色再現しなければならないが、この測定等の多大な準備工数は高精度な色再現を維持する上で大きな障害となる。また、多数のCRTやハードコピー装置が稼働しているオフィス等では、各装置の準備工数が多くなると、全ての装置の色再現精度を維持することが困難になる。

【0019】また、ハードコピー装置で色再現する場合には、CRTで色再現する場合と異なり、色生成の元となるインクの特性をモデル式で表現することが困難であると共に、非線形性が強い。このため、線形補間を利用する方法で十分な精度を得るためには、多数の測定を行わなければならない。

【0020】本発明は、上記事実を考慮して、多くの準備工数を要することなく簡単かつ高精度に任意の色を色再現できる色再現方法を得ることが目的である。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1に記載の発明は、複数の基本色を備え、所定色として第1の表色系で表された色情報値を、被色再現媒体へ前記複数の基本色の混色で色再現するときの各基本色の形成量を定めるために前記第1の表色系と異なる第2の表色系で表されたデバイス値に変換して該デバイス値に応じた色を出力することによって被色再現媒体に前記所定色を再現する色再現装置において、前記複数の基本色の混色で色再現するときの各基本色の形成量と、前記形成量を定めるためのデバイス値との関係を表す前記各基本色毎の単色特性を求め、求めた単色特性に基づいて、前記複数の各基本色の所定形成量と該各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との関係を表す混色特性を求め、求めた単色特性及び混色特性に基づいて、前記第1の表色系の任意の各色の色情報値を前記デバイス値に変換する。

【0022】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の色再現方法であって、減法混色が成立する複数の基本色を合成することによって任意の色を形成することが可能な減法混色の色再現装置において、前記単色特性及び前記混色特性を求めることを特徴とする。

【0023】請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の色再現方法であって、前記混色特性は、前記複数の各基本色の所定形成量と該各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との複数の関係に基づいてスプライン補間することにより任意の色度に対応する各基本色の形成量を推定することを特徴とする。

【0024】請求項4に記載の発明は、請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の色再現方法であって、前記単色特性及び前記混色特性を求めたときの前記基本色を形成するための色材と異なる色材を用いるとき、略同一色の色材のときには、前記単色特性のみを求めることを特徴とする。

(6)

特開平 9-321996

7

8

【0025】請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の色再現方法であって、前記異なる色材を用いて単色特性を求める場合、前記異なる色材の単色特性は前記異なる色材の形成量と、前記形成量を定めるためのデバイス値との関係から求め、求めた異なる色材の単色特性における最大形成量が前記異なる色材以外の他の色材の単色特性における最大形成量未満のとき、当該他の色材の単色特性について、最大形成量として前記異なる色材の最大形成量を設定すると共に、異なる色材の最大形成量を越える形成量に対応するデバイス値に前記異なる色材の単色特性における最大形成量に対応させ、前記各基本色毎の単色特性を求めることを特徴とする。

【0026】請求項6に記載の発明は、請求項1乃至請求項5の何れか1項に記載の色再現方法であって、前記再現する所定色の色味を調整するときは、前記複数の単色特性のうち調整すべき色味に対応する単色特性を調整することを特徴とする。

【0027】請求項7に記載の発明は、請求項1乃至請求項6の何れか1項に記載の色再現方法であって、前記形成量は、形成量に応じて形成された色または該形成量を定めるデバイス値により形成された色と、前記被色再現媒体の色との色差であることを特徴とする。

【0028】請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の色再現方法であって、前記単色特性は、前記各基本色毎に、前記色再現媒体の色と最大形成量による色との間の色差が略均等となる複数の色のチャートを作成し、作成されたチャートを用いて求めることを特徴とする。

【0029】請求項1の色再現方法では、色再現装置で用いられる複数の基本色の混色で色再現するときの各基本色の形成量と、形成量を定めるためのデバイス値との関係を表す各基本色毎の単色特性を求める。ここでいう基本色とは、色再現を行う際の混色に用いられる色、例えば減法混色により色再現を行うハードコピー装置におけるシアン、マゼンタ、イエローの各色材に依存した色であり、また加法混色により色再現を行うCRTにおける赤光、緑光、青光の各色を発光するための蛍光体に依存した色である。この色再現装置は、複数の基本色、すなわち、色材や蛍光体等に依存した複数の単色を形成する手段を備えており、所定色を紙やCRT等の被色再現媒体へ再現する。ここでいう被色再現媒体とは、色材や蛍光体等に依存した複数の単色を形成するための紙やCRT等の材料媒体をいう。

【0030】例えば、所定色は、一般的に標準とされるXYZ表色系の第1の表色系による色情報値（例えば三刺激値XYZ）で表され、この色情報値に応じた複数の基本色の各々が混ぜ合わさって、すなわち、色材の色材量や蛍光体の発光量等で被色再現媒体へ複数の基本色の各々が形成されることによって認知される。従って、色再現装置では、第1の表色系による色情報値が、被色再現媒体へ複数の基本色の混色で色再現するときの各基本

色の形成量、すなわち色材の色材量や発光量である第1の表色系と異なる第2の表色系で表されたデバイス値、つまり減法混色が成立する表色系のYMC値や加法混色が成立する表色系のRGB値に変換され、デバイス値に応じた色を出力することによって被色再現媒体に所定色が再現される。この複数の色材の各々の形成量と、形成量を定めるためのデバイス値との関係は各基本色毎に独立して定めることができるので、形成量とデバイス値との関係を表す各基本色毎の単色特性を求めることができる。

【0031】これら各単色特性に基づいて、複数の各色材の所定形成量と各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との関係を表す混色特性を求める。すなわち、複数の色材の各々が混ぜ合わさって、すなわち、色材の色材量や蛍光体の発光量等で形成された被色再現媒体における色の色度は、それらの基本色の各形成量に対応する。この各形成量は、前記単色特性を用いて各基本色毎に独立して定めることができるので、混色特性として、複数の基本色を混ぜ合わせたときの各基本色の所定形成量と各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との関係を求めることができる。

【0032】これらの単色特性及び混色特性に基づいて、第1の表色系の任意の各色の色情報値をデバイス値に変換する。この所定色の第1の表色系の任意の各色の色情報値は混色特性によって形成量に変換され、変換された形成量は単色特性によってデバイス値に変換される。このようにすることによって、所定色が被色再現媒体に再現できる。

【0033】減法混色のプロセスによる色再現装置で高精度な色再現を実現するためには、CMYKの信号値と色度との関係を把握することが重要である。そこで、請求項2に記載したように、減法混色が成立する複数の基本色を合成することによって任意の色を形成することが可能な減法混色の色再現装置において、前記単色特性及び前記混色特性を求めることによって、通常、線形関係にならない信号値と色度との関係を色を形成するための各基本色のみの単色特性と、各基本色を混ぜ合わせた場合の混色特性とに分離して捉えることができる。

【0034】高精度な色再現を実現するためには、色情報値と色度との関係を把握することが必要である。この関係は、少なくとも、再現された色の色度を測定し、求めることが一般的である。しかし、全ての関係を測定により求めることは工程が膨大になる。そこで、請求項3に記載したように、前記混色特性を、前記複数の各基本色の所定形成量と該各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との複数の関係に基づいて、スプライン補間することにより任意の色度に対応する各単色の形成量を推定する。これによって、限られた少ない測定によって、高精度に混色特性の少なくとも一方を求めることができる。

(6)

特開平9-321996

9

10

【0035】なお、単色特性を、基本色の形成量と、デバイス値との複数の関係からスプライン補間することにより任意の形成量とデバイス値との関係を各基本色毎に求めるようにしてもよい。このようにすることによって、限られた少ない測定によって、高精度に単色特性及び混色特性の少なくとも一方を求めることができる。

【0036】ここで、色再現装置では、基本色を形成するための手段である色材の交換や変更が必要となきがある。この色材の交換や変更を行った場合、前記単色特性や混色特性が変動する可能性があるため、再度求め直さなければならぬことがある。その場合、請求項4に記載したように、前記単色特性及び混色特性を求めたときの基本色を形成するための色材と異なる色材を用いるとき、略同一色の色材のときには、略同一色の色材であるので混色特性は変動が無または少なく、単色特性のみを求め、混色特性を同一とすることによって、高精度な色再現が実現できる。

【0037】また、上記のように色材の交換や変更を行った場合、デバイス値に対する形成量が色材を交換したり変更したりした後は、同一のデバイス値に対する形成量が以前の形成量から変動することがある。例えば、交換や変更した色材の単色特性による最大形成量が以前の形成量から小さくなる場合、以前の最大形成量に対するデバイス値には交換や変更後の以前より小さな最大形成量が対応され、交換や変更した色材についての形成量の変動分について、交換や変更した色材以外の色材に対してバランスが崩れることになる。すなわち、色材を交換したり変更したりした後の形成量に対応しないデバイス値の対応ではバランスが崩れる。そこで、請求項5に記載したように、前記異なる色材を用いて単色特性を求める場合、前記異なる色材の単色特性は、前記異なる色材の形成量と、前記形成量を定めるためのデバイス値との関係から求める。求めた異なる色材の単色特性における最大形成量が前記異なる色材以外の他の色材の単色特性における最大形成量未満のとき、当該他の色材の単色特性について、最大形成量として前記異なる色材の最大形成量を設定する。これと共に、異なる色材の最大形成量を越える形成量に対応するデバイス値に前記異なる色材の単色特性における最大形成量を対応させる。これによって、デバイス値は色材を交換したり変更したりした後の形成量に対応する。このようにすることによって、色材を交換したり変更したりした後の形成量に対応しないデバイス値が生じることがない。

【0038】色再現装置で所定色を再現するときには、例えば、赤味を増加するや青味を減ずる等のように、色味を調整することがある。本発明では、単色特性のみによって、その色味を変更することができる。そこで、請求項6に記載したように、再現する所定色の色味を調整するときは、複数の単色特性のうち調整すべき色味に対応する単色特性を調整し混色特性を同一とする。このよ

うにすることによって、再調整やユーザの意図に応じた色味を、色情報値と色度との関係を崩すことなく、容易に調整することができる。

【0039】なお、前記形成量として、請求項7に記載したように、形成量に応じて形成された色または該形成量を定めるデバイス値により形成された色と、前記被色再現媒体の白色や灰色との色差を用いることができる。この場合、請求項8に記載したように、単色特性として、前記各基本色毎に、前記色再現媒体の色と最大形成量による色との間の色差が略均等となる複数の色のチャート(カラーパッチ)を作成し、作成されたチャートを用いて求めることが好ましい。

【0040】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。

【0041】【原理】まず、任意の色についての色再現の原理について説明する。

【0042】図3には、色を表す信号値によるCRTの表示から色(色度)が知覚されるまでの色再現のプロセスを示した。

【0043】コンピュータ上で表現される色は、R色の光強度を制御する信号値(以下、R信号値)、G色の光強度を制御する信号値(以下、G信号値)及びB色の光強度を制御する信号値(以下、B信号値)で表されることが多い。これらR信号値、G信号値及びB信号値からなるデジタルの信号値30はD/A変換器の処理である変換プロセス32によってアナログの映像信号34に変換される。この映像信号34は、CRTに入力され、CRT内の図示しない電気回路における処理である回路プロセス36によって電子線の強度38に変換される。CRTでは蛍光体に強度38に応じた電子線が照射され、蛍光体における発光プロセス40によって照射された電子線の強度に応じた発光がなされる。従って、CRTでは、RGB色の各蛍光体が、各々の発光強度42で発光する。これら各蛍光体の発光は、同時に発光することによって周知のように視覚によって混色(知覚プロセス44)されて、色(色度)46として知覚される。ここで、これらの蛍光体は、発光強度に関わらず色味が一定であることが知られている。従って、蛍光体の電子線の強度に応じた発光は、色空間内において一定のベクトルの方向でスカラー量のみが変化することと表現できる。

【0044】上記の色再現のプロセスは、図4に示すように、信号値30が強度情報値としての蛍光体の発光強度42へ変換されるまでの変換プロセス48と、各蛍光体が同時に発光強度42で発光することによって混色されて色(色度)46として知覚されるまでの知覚プロセス44とに大別できる。

【0045】変換プロセス48は、原理的にはRGBについて、各々独立に存在する。従って、変換プロセス48は、信号値と蛍光体の発光強度との関係を各色毎に把

(7)

特開平9-321996

11

握することによって、信号値から蛍光体の発光強度を予測することや、蛍光体の発光強度から信号値を予測することが可能になる。

【0046】一方、知覚プロセス44は、上記説明した各蛍光体の色味が一定であること及び加法混色理論を利用して、3×3の行列を用いた計算により、蛍光体の発光強度から知覚される色度を予測することや、色度から蛍光体の発光強度を予測することができる。従って、信号値から色度を予測することや色度から信号値を予測することができる。

【0047】しかしながら、加法混色について理想的な挙動を示さないCRTシステムも存在する。例えば、上記従来の技術の欄にも説明したように、RGB色の各々を所定の信号値で単色表示した場合と、RGB各色を所定の信号値で同時に表示する混色表示した場合とは、同一の信号値であるにも拘わらず各色の発光強度が異なる場合がある。この場合には単色表示された色を測定することによって求めた発光強度・信号値特性では高精度に色再現することができない。すなわち、RGB各色を単色表示したときに得た三刺激値の各々を合成（加算）した三刺激値と、RGB各色を混色表示したときに得た三刺激値とが不一致となり、単色表示と混色表示の不整合という現象が生じる（加法混色の不整合）。例えば、信号値を127としたとき、上記の不等式に示すように、RGB各色毎に単色表示させて測定した三刺激値を加算した三刺激値は、RGB各色を同一の信号値で混色表示させて測定した三刺激値と一致しないことがある。

【0048】このようなCRTシステムにおける正確な色再現については、以下に示すような減法混色による色再現装置の場合と同様な問題が存在する。

【0049】図5にはハードコピー装置としてのカラープリンタにおける色再現のプロセスを示した。なお、ここでは、印画色材としてCMYKの染料を使用する昇華型のカラープリンタを例にして説明する。また、このカラープリンタでは、印画色材としてシアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y、なお三刺激値Yとの近藤を避けるため以下の説明で単色で用いる場合はY_eと表記する）、ブラック（K）の染料を用いた場合を説明する。

【0050】コンピュータからカラープリンタへは、CMYK各色材の信号が出力される。これらの信号値31はD/A変換装置でアナログ電圧に変換される処理と、その電圧により印画ヘッドを発熱させる処理である印画ヘッドの変換プロセス33によって、発熱温度35に変換される。この印画ヘッドによる発熱温度35は、昇華型カラープリンタでは昇華型インクフィルムが加熱されて色材（染料）が昇華して紙に転写される処理である変換プロセス37によって色材転写量39に変換される。この印画ヘッドの発熱強度（温度）に対応する転写される色材の量は、昇華型インクフィルムの温度・色材

12

（染料）転写量特性により定まる。転写された色材（染料）は半透明であるため、各色色材（染料）が重ねられることにより得られる色は減法混色であり、周知のように視覚（または測定器）によって（減法混色プロセス）、色（色度）46として知覚される。この減法混色においては、各色の色材（または染料）転写量と知覚される色との間には線形関係が成立せず、その関係は複雑である。また、実際には、例えば、CMYKの順で印画する装置において、Mを印画する事によってCの色材（染料）がMのインクフィルムへ逆転写するという現象も発生するため、解析的なモデル化を行うことが不可能である。なお、オフセット印刷等の面積印画法である網点による減法混色については、ある程度、解析的なモデル化が可能であるが、ここでは一般的な減法混色を対象とする。

【0051】このような装置で高精度な色再現を実現するためには、印画結果の色度を予測した上でCMYKの信号値を決定する必要があり、図6に示すように、CMYKの信号値と色度との関係（CMYK信号値-色度特性49）を把握しなければならない。そのためには、統計的手法や3次元空間で補間する方法が用いられている。

【0052】この関係を把握することによって、任意の色度値から、その色度を再現するCMYKの信号値を予測することができる。従って、この任意の色度を再現できるCMYKの信号値とその色度との関係を推定するプロセスを有すればよい。すなわち、図7に示すように、所望する色度値46Aを再現するCMYK出力信号値を予測する変換プロセス47によってCMYK出力信号値31に変換される。これにより、所望する色度値46Aは、その色度を再現するCMYK出力信号値として予測される。その出力信号値をカラープリンタへ与えることにより、所定の色度の印画が得られる。すなわち、変換されたCMYK出力信号値31は、上記のように減法混色プロセス41に至り、色（色度）46として知覚される。

【0053】【色再現装置】次に、減法混色が成立するハードコピー装置として、昇華型カラープリンタにおける色再現に本発明を適用した実施の形態の詳細を説明する。なお、本実施の形態では、シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックを基本色とする8ビット系の印刷装置として昇華型プリンタを例にして説明する。なお、本実施の形態では昇華型プリンタを例にして説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、インクジェット型やバブルジェット型のプリンタ、及び熱転写型のプリンタへの応用も可能である。

【0054】図8に示すように、本実施の形態の色再現装置は、カラープリンタ60、マイクロコンピュータ52、後述する処理プログラムの実行指示やデータ入力等のための入力装置としてのキーボード53及び色測定装

(8)

特開平9-321996

13

図54から構成されている。マイクロコンピュータ52にはキーボード53、色測定装置54及びカラープリンタ60が接続されている。このマイクロコンピュータ52は、CPU52A、ROM52B、RAM52C、後述するテーブル及び処理ルーチンを記憶するためのメモリ52D、入出力装置(1/O)52Eを備えており、これらはデータやコマンドの授受を可能とするバス52Fが接続されている。この入出力装置52Eにはキーボード53が接続されると共に、カラープリンタ60及び色測定装置54も接続されている。カラープリンタ60はマイクロコンピュータ52から入力された信号に応じた色を媒体に形成してプリント62を出力する。色測定装置54は、色が形成されているプリント62を搬送または走査するための駆動装置56A及び駆動装置の搬送または走査に同期して測色センサーとして機能するプローブ56Bを内蔵しており、マイクロコンピュータ52からの制御信号の入力によってプリント62に形成された色を自動的に測色してマイクロコンピュータ52へ出力する。なお、本発明は、色測定装置54として、プリントされた色(色度)を自動的に測定することに限定され

【0055】【実施の形態の作用】次に、本実施の形態の作用を説明する。

【0056】任意の色度による画像は、CMYKの各々の色材を各々所定の色材転写量で混ぜ合わせるによって形成される(積層による形成を含む)。この各色材の色材転写量は信号値に対応し、色材毎に独立して定めることができる。また、混色の結果得られる色は、各色材の色材転写量に対応していると考えられる。そこで、本発明者は、これら2つの関係を分離することにより、少ない測定点数であっても高精度に色再現できる、という知見を得た。

【0057】すなわち、各インク色を単色として印刷した場合に信号値に対する色材転写量の関係(インクレベル・印刷インク量の特性、以下、単色特性という)と、複数インクの混ぜ合わせによる各インク量に対する色度の特性(以下、混色特性という)とから、信号値と色度との間の関係を定めることができ、このように単色特性と混色特性を分離することによって色再現を精度よく実現することができる、という知見を得た。

【0058】そこで、本実施の形態では、図9に示すように、CMYKの信号値70と任意の色度80との間での変換を行うものとして、物理量である色材転写量74を中間量として扱い、信号値70に対する色材転写量74の関係を表す単色特性72と、複数インクの各色材転写量74(インク量)と色度80の関係を表す混色特性76との各特性を求めて、求めた単色特性72及び混色

14

特性76を合成した信号値・色度特性を色変換テーブル78として求める。このように単色特性と混色特性を分離して求め、求めた特性による色変換テーブル78によって、信号値と色度との間の関係を定めることができ、高精度で色再現を実現する。

【0059】この色変換テーブル(3D-LUT)は、任意の色度Lab値を与えるインク色・インクレベルの関係を表す情報の集合体である。この3D-LUTを得ることは、任意の色度を与えるインク色・インクレベルを求めることである。ところが、インク色・インクレベルの組み合わせは有限個である(インク色数は有限個であり、かつインクレベルは上限・下限を有する離散値である)から、実質的には、任意の色度に最も近い色度を「有限個の色度」の中から選択する処理になる。従って、有限な任意のインク色・インクレベルと色度との関係を求めることにより3D-LUTを得ることができる。

【0060】この3D-LUTを得るための最も単純かつ高精度な方法は、全てのインク色及びインクレベルの組み合わせについてサンプルを作成・測定し、その結果から有限個の色度と、インク色・インクレベルとの関係を求めることであるが、この方法では膨大なサンプル量を必要になり処理負荷が膨大になる。

【0061】そこで、本実施の形態では、少ないサンプルの測定結果から、任意のインク色・インクレベルと、色度との関係を推定し、その推定結果から有限個の色度と、インク色・インクレベルとの関係を求めている。以下にその詳細な方法を述べる。

【0062】【単色特性及び混色特性の定義】図10には、インクレベルが、色へ変換されるまでのプロセスを示した。データ400である、赤色(R)のインクレベルLeは、インクレベル・印刷インク量特性402によって印刷インク量に変換される。詳細には、このインクレベル・印刷インク量特性は、インクレベル→印刷ヘッドの発熱量→印刷されるインク量の過程から決定される。同様に橙色O(406、408、410)や他の色についても変換され、各色の印刷インク量が定まる。その後、各色のインクを重ね合わせた場合の特性である混色特性412により、最終的な色が決定され、色度414が得られる。

【0063】このインクレベルと印刷インク量との関係は、上記のように混色するときの状態(混色状態)に影響される。すなわち、既に何らかの色が印刷されている表面に印刷を行う場合と何も印刷されていない表面に印刷を行う場合とでは、同じインクレベルでも印刷インク量が異なる。また、任意の色を印刷後、別の色を印刷することによって、先に印刷した色にインクを減らす(後に印刷したインクシートへ逆転写する)こともある。

【0064】本実施の形態では、各インク色を単色で印刷した場合にインクレベル・印刷インク量の特性を単色

(9)

特開平9-321996

15

特性といい、また、単色特性に基づく印画インク量と混色結果色度との関係を混色特性という。上記のように、実際の印画インク量の変化による現象も、混色特性として扱うものとする。この分離には、複雑な混色特性の単純化をはかり補間精度を向上させると共に、製造ロット間差などのインクリボン特性の変化にも対応しやすくなる利点がある。

【0065】単色特性として、昇華型プリンタにおいて実際に昇華インク量を求めるには化学的な分析が必要であり、現実的ではない。そのため、本実施の形態では、インク量に代えて紙の白地からの色差を用いている。また、最大のインクレベルによって得られる色差を1.0となるように規格化する。従って、本実施の形態における単色特性とは、各インクレベルが得られる規格化された白地からの色差とインクレベルとの関係を表すことになる。

【0066】以下、任意の色を再現して画像を出力する処理を、単色特性72、混色特性76及び色変換テーブル78の導出と共に説明する。

【0067】本実施の形態の色再現装置の電源が投入されると、図11の処理ルーチンが実行される。まず、Y MCKに関する色変換テーブル78を後述するように生成すると共にマイクロコンピュータ52のメモリに記憶し(ステップ100)、画素毎に所望の色を出力すべく、信号値と色度との対応を求め、印画する色演算処理が実行され(ステップ102)、全ての画素についてステップ102の処理が終了するまで、繰り返して実行される(ステップ104)。本ルーチンが終了すると、カラープリンタ60から所望の色の画像が形成されたプリント62が出力される。

【0068】次に、本実施の形態におけるテーブル生成(図11のステップ100の処理)及び色演算処理(図11のステップ102の処理)の概略を説明する。本実施の形態で生成される色変換テーブルは、任意の色(色度)に対する、カラープリンタ60において用いられるYMCK4色の各色材量を得るための各信号値の対応を表すものである。

【0069】図12には、ステップ100に相当する4色の色材により色再現を可能とする色変換テーブル(3D-LUT)を作成する処理の流れを示した。

【0070】まず、ステップ130では、プリンタ60により予め作成された各色材単色での単色チャート(詳細は後述)の各々が、各色毎の色度を自動的に測定する測色機である測定装置54により測定され、次のステップ132においてその測定値が測定装置54内のメモリに単色測定データとして記憶される。次のステップ134では記憶された単色測定データを用いて、信号値と色材転写量との関係を表す単色特性が求められ、求めた単色特性が記憶される。この単色特性の算出は、CMYKの各色毎に独立して行われる(ステップ136)。詳細

16

には、後述する単調増加のスプライン関数を用いることが好ましいが、これに限定するものではない。

【0071】単色特性が求められた後には(ステップ136で肯定判断)、ステップ138において、予め作成された混色チャート(詳細は後述)の各々が測色機である測定装置54により測定され、次のステップ140でその測定値が混色測定データとして記憶される。次のステップ142では、記憶された単色特性と混色測定データが読み取られ、次のステップ144において単色特性と混色測定データを用いて混色特性(任意の色度に対するCMYKの各材転写量の組合せの関係を示す。)が求められる。この混色特性の算出では、単色特性を用いて混色チャートの各色材の信号値を色材転写量(白色からの色差)に変換する処理(詳細は後述)と、その色材転写量と測定データ(色度)から未測定の色度に対する色材転写量の組み合わせを推定する処理とから構成される。後者の組み合わせを推定する処理は、本出願人が既に出願済の特開平7-50760号公報に記載された方法において出力信号値に代えて色材転写量を導出することが好ましいが、これに限定するものではなく、複数の色材転写量とその色度について3次元空間内で線形補間することにより、未測定の色度に対する色材転写量の組み合わせを推定しても良い。

【0072】次のステップ146で単色特性及び混色特性を読み取ったのち次のステップ148では、上記の単色特性と混色特性を合成して色変換テーブルである3D-LUT(任意の色度に対するCMYK各色の出力信号の組み合わせを示す)が求められる。詳細には、単色特性を用いて、各色度について求められた色材転写量を信号値へ変換することによって、複数の色度の各々に対するCMYK各色の信号値の組み合わせが求められる。

【0073】図13には、図11のステップ102に相当する画像を印画する処理の流れを示した。まず、ステップ150では、RGB画像を最適に表示するためのCRT特性が予め記憶されたCRT-LUTが読み取られ、次のステップ152においてRGB値で表された印刷対象となる画像が読み取られる。次のステップ154では、読み取ったCRT-LUTを用いてRGB画像のRGB値がXYZ値によるXYZ画像に変換される。この変換は、後述する単調増加のスプライン関数と行列式を用いている。なお、単調増加のスプライン関数と行列式を用いることに限定するものではなく、別の関数と行列式を用いる方法でも良い。また、出力対象となる画像がXYZ値で表されたXYZ画像である場合には、このステップ154の処理は不要である。次のステップ156では後述する3D-LUTを読み取って、次のステップ158で読み取った3D-LUTを用いてXYZ画像のXYZ値がCMYKの信号値に変換され、CMYK画像が得られる。次のステップ160では、CMYK画像のCMYKの信号値が出力され、印画が行われる。な

(10)

特開平9-321996

17

お、通常、画像はカラープリンタが有する画像拡大処理等の固有の処理が施され、印刷が行われる。

【0074】【単調増加の $y=f(x)$ に関する3次スプライン補間方法】次に、上記信号値と色材転写量との任意の関係を求めるスプライン補間について説明する。ここでは、関数関係にある2変数 (x, y) による単調増加の関数 $(y=f(x))$ に関するスプライン補間を例にして説明する。

【0075】まず、関数関係にある2変数 (x, y) には n 個の値 $(x[j], y[j]; j=0, 1, \dots, n-1)$ があり、これらの2変数 (x, y) の各々の値間は単調増加 $(x[j] < x[j+1], y[j] < y[j+1])$ であるものとする。

【0076】これら2変数 (x, y) についてのスプライン関数による補間は、次の(2)式で表せる。

【0077】

【数2】

$$y=f(x) \\ = \sum_{i=0}^{n-1} N[i, 4, x] p[i] \quad \dots (2)$$

但し、 n ：補間の元データとなる値の数

$$i: 0, 1, \dots, n-1$$

【0078】上記の(2)式において $N[i, 4, x]$ は、値 $x[j]$ から後述するように求められる要素 $u[i]$ により決定されるものであり、 $p[i]$ は値 $y[j]$ から後述するように求められる要素 $c[i]$ 及び $N[i, 4, x]$ により決定されるものである。この変数 $p[i]$ は、次のようにして求めることができる。

【0079】値 $y[j]$ から後述するように求められる要素を $c[i]$ 、その行列を C とする。また、各値 $x[j]$ 、及び各 i に関する $N[i, 4, x[j]]$ の行列を N とし、要素 $p[i]$ の行列を P とすると、次の(3)式に示す関係を有する。

【0080】

$$C=N \cdot P \quad \dots (3)$$

これらの行列 C 、 N は値 $y[i]$ から決定できるので、行列 P は次の(4)式で定まる。

【0081】

$$P=N^{-1} \cdot C \quad \dots (4)$$

この行列 P から、要素 $p[i]$ を求めることができる。従って、各 i に関する $N[i, 4, x]$ 、及び要素 $p[i]$ から上記の(2)式を用いて値 y を求めることができる。

【0082】このスプライン関数のパラメータ $N[i, 4, x]$ とパラメータ $p[i]$ を求める処理を図14を参照してさらに説明する。まず、図14のステップ220で値 $x[j]$ 、 $y[j]$ を読み取り、次のステップ2

18

22で、次の【定義1】に示すように、値 $x[j]$ から $(2n+4)$ 行の行列の要素 $u[i]$ が演算される。

【0083】【定義1】

$$u[0] = x[0]$$

$$u[1] = x[0]$$

$$u[2] = x[0]$$

$$u[3] = x[0]$$

$$u[4] = x[1]$$

$$u[5] = x[1]$$

$$10 \quad u[(j-1) \cdot 2 + 4] = x[j]$$

$$u[(j-1) \cdot 2 + 4 + 1] = x[j]$$

但し、 $2 \leq j \leq (n-2)$

$$u[(n-2) \cdot 2 + 4] = x[n-1]$$

$$u[(n-2) \cdot 2 + 4 + 1] = x[n-1]$$

$$u[(n-2) \cdot 2 + 4 + 2] = x[n-1]$$

$$u[(n-2) \cdot 2 + 4 + 3] = x[n-1]$$

【0084】次のステップ224では、以下の【定義2】に示すように、測定値 $y[j]$ から $(2n-1)$ 行の行列の要素 $c[i]$ が演算される。

20 【0085】【定義2】

$$c[0] = y[0]$$

$$c[1] = \text{左側端条件}$$

(値 $x[0]$ の g 値、任意値設定)

$$c[2] = y[1]$$

$$c[3] = \text{値} x[1] \text{の} g \text{値}$$

$$c[j \cdot 2] = y[j]$$

但し、 $2 \leq j \leq (n-2)$

$$c[j \cdot 2 + 1] = \text{値} x[j] \text{の} g \text{値}$$

但し、 $2 \leq j \leq (n-2)$

$$30 \quad c[(n-1) \cdot 2] = y[n-1]$$

$$c[(n-1) \cdot 2 + 1] = \text{右側端条件}$$

(値 $x[n-1]$ の g 値、任意値設定)

但し、 g 値は次の(5)式から求める。

$$g = Dy[i] / Dx y[i] \quad \dots (5)$$

【0086】この $Dy[i]$ 及び $Dx y[i]$ は、点 $(x[i], y[i])$ の前後の点 $(x[i-1], y[i-1])$ 及び $(x[i+1], y[i+1])$ の間の y 方向の距離及び直線距離を示している。スプライン補間において、 g 値は、図16に示すように、点 $(x[i], y[i])$ における直線の傾きを示すものである。上記(5)式を用いて、 g 値を定めれば、補間結果の点 $(x'[i], y'[i])$ における傾きは、その前後の点を結ぶ直線の傾きに一致する。

【0087】次に、ステップ226において、以下の表1に示すように $2n$ 行 $2n$ 列の行列 N の各要素が演算される。

【0088】

【表1】

(11)

特開平 9 - 3 2 1 9 9 6

19

20

[行列 N]

$$\begin{array}{ccccccc}
 N[0,4,x_0] & N[1,4,x_0] & \cdots & N[i,4,x_0] & \cdots & N[2n-1,4,x_0] \\
 N'[0,4,x_0] & N'[1,4,x_0] & \cdots & N'[i,4,x_0] & \cdots & N'[2n-1,4,x_0] \\
 N[0,4,x_1] & N[1,4,x_1] & \cdots & N[i,4,x_1] & \cdots & N[2n-1,4,x_1] \\
 N'[0,4,x_1] & N'[1,4,x_1] & \cdots & N'[i,4,x_1] & \cdots & N'[2n-1,4,x_1] \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 N[0,4,x_j] & N[1,4,x_j] & \cdots & N[i,4,x_j] & \cdots & N[2n-1,4,x_j] \\
 N'[0,4,x_j] & N'[1,4,x_j] & \cdots & N'[i,4,x_j] & \cdots & N'[2n-1,4,x_j] \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 N[0,4,x_{n-1}] & N[1,4,x_{n-1}] & \cdots & N[i,4,x_{n-1}] & \cdots & N[2n-1,4,x_{n-1}] \\
 N'[0,4,x_{n-1}] & N'[1,4,x_{n-1}] & \cdots & N'[i,4,x_{n-1}] & \cdots & N'[2n-1,4,x_{n-1}]
 \end{array}$$

【0089】上記の行列Nの各要素 $N[i, 4, x]$ 、【0090】
 $N'[i, 4, x]$ は、次の(6)式から求める。【数3】

$$\begin{aligned}
 N[i, k, x] = & \frac{x - u[i]}{u[i+k-1] - u[i]} \cdot N[i, k-1, x] \\
 & + \frac{u[i+k] - x}{u[i+k] - u[i+1]} \cdot N[i+1, k-1, x] \\
 & \cdots (6)
 \end{aligned}$$

【0091】但し、 $k=1$ のとき、 $x \neq u[2n+4-1]$ かつ ($u[i] < u[i+1]$ かつ $u[i] \leq x < u[i+1]$) の場合には1. 0、それ以外の場合には0. 0の値を設定する。また、 $k=1$ で、 $x = u[2n+4-1]$ かつ ($u[i] < u[i+1]$ かつ $u[i] < x \leq u[i+1]$) の場合には1. 0、それ以外

外の場合には0. 0の値を設定する。

【0092】一方、 $N'[i, k, x]$ は次の(7)式から求める。

【0093】

【数4】

$$\begin{aligned}
 N'[i, k, x] = & (k-1) \cdot \left\{ \frac{1. 0}{u[i+k-1] - u[i]} \cdot N[i, k-1, x] \right. \\
 & \left. - \frac{1. 0}{u[i+k] - u[i+1]} \cdot N[i+1, k-1, x] \right\} \\
 & \cdots (7)
 \end{aligned}$$

【0094】これら行列の各要素を求める処理は再帰的な処理(ぜんか式)であり、 $N[i, 4, x]$ を求めるためには $N[i, 1, x]$ 、 $N[i, 2, x]$ 、 $N[i, 3, x]$ を求める必要がある。この際、 x は測定を行なった信号値、 i は0から $2n-1$ であり、この処理中で使用される $u[i]$ は、上記の方法で求めたものである。

【0095】次のステップ228では、行列Nの逆行列 N' と、変数 $c[i]$ による行列Cとから行列Pが演算される。すなわち、上記の(6)式による行列演算式から行列Pを演算する。この行列Pから変数 $p[i]$ を求

めることができる。

【0096】そして、ステップ230において、演算された要素 $u[i]$ 及び要素 $p[i]$ がメモリに記憶される。

【0097】次に、任意の信号値に対する色材転写量の演算を図15を参照して説明する。まず、図15のステップ240で任意の信号値 x 、次のステップ242において図14のステップ230でメモリされた要素 $u[i]$ を読み取り、次のステップ244において i を0から $2n-1$ として、上記で説明したように要素 $N[i, 4, x]$ を求める。すなわち、 $i=0$ から $2n-$

(12)

特開平9-321996

21

1の2n行1列の行列Nを求める。次のステップ246ではメモリされた要素p[i]を読み取り、次のステップ248においてスプライン関数を表す上記の(4)式を用いて色材転写量yを演算する。

【0098】このようにして、全ての信号値についての相対的な色材転写量を求める。すなわち、0から255の全ての信号値について、その色材転写量を、パラメータである要素N[i, 4, x]、p[i]を用いたスプライン関数(4)式参照)で求めることができる。

【0099】[観察光源色を考慮したLab] 次に、観察光源色を考慮したLab変換の考え方を説明する。本実施の形態では、カラープリンタで色再現するにあたり、XYZ値を直接操作するのではなく、観察光源色を考慮したLab値を用いている。

【0100】画像の三刺激値(X, Y, Z)は、主に、任意の光源により物体を照射した結果、その物体における反射による色を示している。なお、以下の説明では、三刺激値(X, Y, Z)をXYZ値と略記する。従って、画像から再現画像を得るために、カラープリンタ等の装置の出力であるプリント(ハードコピー)で再現すべき色は、現実の物体の色そのものを再現することが目

$$\begin{aligned} X_0 &= K_0 \cdot \int S_0(\lambda) \cdot R_0(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y_0 &= K_0 \cdot \int S_0(\lambda) \cdot R_0(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z_0 &= K_0 \cdot \int S_0(\lambda) \cdot R_0(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad \dots(8)$$

但し、 K_0 :輝度レベルを規格化するための係数

(照度が極大になる方向を向けた完全拡散白色板の輝度の逆数)

$S_0(\lambda)$: 現実の場における光源の分光反射率

$R_0(\lambda)$: 現実の場における反射物体の分光反射率

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: CIEで定められた等色関数

【0104】さらに、このXYZ値は、次の(9)式、(10)式によりLab値に変換できる。

【0105】

【数6】

$$\begin{aligned} X'_0 &= \frac{X_0}{\int S_0(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda} \\ Y'_0 &= \frac{Y_0}{\int S_0(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ Z'_0 &= \frac{Z_0}{\int S_0(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad \dots(9)$$

とし、

$$\begin{aligned} L^*_0 &= 116 \cdot Y'_0 + 16 \\ a^*_0 &= 500 \cdot (X'_0 - Y'_0) \\ b^*_0 &= 200 \cdot (Y'_0 - Z'_0) \end{aligned} \quad \dots(10)$$

【0106】一方、プリントの色の色度(XYZ値)は、次の(11)式で求められる。

【0107】

22

的ではなく、反射による色、すなわち、任意の光源により物体を照射した結果の色である。

【0101】一方、プリントは、常に、任意の光源下で観察される。すなわち、プリントは観察光源下で色が知覚される。従って、実質的な色再現の目標は、「ある光源により物体を照射した結果、その環境(光源下)において知覚される色が、プリントの観察光源下においてプリント上に再現されること」である。従って、色再現を精度よく実現するためには、光源による環境順応を考慮すべきである。そこで、本実施の形態における色再現では、光源色を白色基準とするLab空間において一致した色度で表現することとしている。すなわち、以下のようにして、画像のXYZ値から観察光源を含んだLab値へ変換処理する。

【0102】画像のXYZ値は、次の(8)式で表すことができる。なお、実際には、幾何学的な光量が必要であるが、複雑化を避けるために、ここでの詳細な説明は省略する。

【0103】

【数5】

【数7】

$$\begin{aligned} X &= \frac{\int S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda}{\int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ Y &= \frac{\int S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda}{\int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ Z &= \frac{\int S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda}{\int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad \dots(11)$$

【0108】但し、 $S(\lambda)$: プリントを観察する場における光源の分光反射率

$R(\lambda)$: プリントの分光反射率

このXYZ値は、次の(12)式、(13)式によりLab値に変換できる。

【0109】

【数8】

(13)

特開平9-321996

23

$$\begin{aligned} X' &= \frac{X}{\int S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda} \\ Y' &= \frac{Y}{\int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ Z' &= \frac{Z}{\int S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad \dots (12)$$

とし、

$$\begin{aligned} L^* &= 116 \cdot Y' + 16 \\ a^* &= 500 \cdot (X' - Y') \\ b^* &= 200 \cdot (Y' - Z') \end{aligned} \quad \dots (13)$$

【0110】色再現の目標は、次の(14)式に示すように、 $L^* a^* b^*$ 値の各値が一致する分光反射率 $R(\lambda)$ を実現することである。

【0111】

$$\begin{aligned} L^* o &= L^* \\ a^* o &= a^* \\ b^* o &= b^* \end{aligned} \quad \dots (14)$$

ここで、上記の(10)式と(13)式は等価であるので、次の(15)式に示すように色再現の目標を、置き換えることができる。

【0112】

【数9】

$$\begin{aligned} \frac{X_o}{\int S_o \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda} &= \frac{X}{\int S \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda} \\ \frac{Y_o}{\int S_o \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} &= \frac{Y}{\int S \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ \frac{Z_o}{\int S_o \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda} &= \frac{Z}{\int S \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad \dots (15)$$

【0113】ここで、現実の場合における光源の分光反射率 $S_o(\lambda)$ は、例えば面の向きによっても異なるものであり、一般には算出することが難しい。そこで、本実施の形態では、(9)式における光源の分光放射率 $S_o(\lambda)$ を簡易的にC光源と仮定し、また、プリントを観察するときの光源も同じC光源と仮定する。従って、上記の(9)式は、以下の(16)式で表せる。

【0114】

【数10】

$$\begin{aligned} X_o' &= \frac{X_o}{\int S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda} \\ Y_o' &= \frac{Y_o}{\int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ Z_o' &= \frac{Z_o}{\int S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad \dots (16)$$

【0115】このように、本実施の形態では、 $L^* a^* b^*$ 空間における3D-LUTで色変換を行うため、画像の三刺激値(X_o, Y_o, Z_o)は、上記の(16)式及び(10)式により $L^* a^* b^*$ 値に変換される。この(16)

24

式を用いてなされる三刺激値であるXYZ値を $L^* a^* b^*$ 値に変換する処理を、以下の説明では便宜的に光源補正という。

【0116】この光源補正の詳細な処理は、プリント時に必要である。まず、本実施の形態では、観察光源の分光反射率 $S(\lambda)$ を用いて次の(17)式により、光源補正係数 K_{SX}, K_{SY}, K_{SZ} を求める。

【0117】

【数11】

$$\begin{aligned} K_{SX} &= \frac{1}{\int S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda} \\ K_{SY} &= \frac{1}{\int S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda} \\ K_{SZ} &= \frac{1}{\int S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad \dots (17)$$

【0118】プリント時の光源補正は、次の(18)式に示すように、画像の各画素のXYZ値に光源補正係数 K_{SX}, K_{SY}, K_{SZ} を乗算することにより処理することができる。

【0119】

$$\begin{aligned} X_o' &= K_{SX} \cdot X_o \\ Y_o' &= K_{SY} \cdot Y_o \\ Z_o' &= K_{SZ} \cdot Z_o \end{aligned} \quad \dots (18)$$

【0120】【インクレベルへの変換】上記のようにして $L^* a^* b^*$ 値に変換された色は、印刷するためには実際に使用するインクのインクレベルへ変換する必要がある。このインクレベルへの変換に關しての考え方について説明する。なお、以下の説明では、8色(R, O, Y, G, B, P, M, K)のインクを用いた場合を説明する。

【0121】XYZ値の画像データは、上記の(16)式により光源補正された後、上記の(10)式により $L^* a^* b^*$ 値へ変換される。この $L^* a^* b^*$ 値は、3D-LUTにより、その $L^* a^* b^*$ 値を再現する様な印刷インク量(インクレベル)に変換される。すなわち、各画素がXYZの3種の値で表現された画像は、各色(R, O, Y, G, B, P, M, K)のインクレベル計8種の値で表現された画像に変換される。

【0122】図17に示すように、3D-LUTは、 $L^* a^* b^*$ 色空間を、高さ横縦が等間隔となる立体的な格子状に分割し、その各格子点の $L^* a^* b^*$ 色度を再現するようなインク色とインクレベルを記述したデータ群である。本実施の形態では、各格子点Dの色度を3色のインクで再現することとし、 $100 \times 100 \times 100$ 点の格子点Dについて3種のインク色とインクレベルを記述した3D-LUTを使用する。

【0123】図18に示すように、任意の $L^* a^* b^*$ 値、すなわち色度(L^*, a^*, b^*)は、8つの格子点D0～D7または8つの格子点D0～D7に囲まれた立方体

(14)

特開平 9-321996

25

内部に位置する。8つの格子点D0～D7の全てについて、その色度を再現するためのインク色とインクレベルが参照され、対象となる色度点Ddと各格子点とのLab空間内での距離に応じた重み付けによるインクレベルの補間により、色度点Ddの色度を与えるインク色および

(C1n, L1n, C2n, L2n, C3n, L3n)

但し、n:0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7(各格子点の番号)

C1n:第1色目のインク色

L1n:第1色目のインクレベル

C2n:第2色目のインク色

L2n:第2色目のインクレベル

C3n:第3色目のインク色

(Lrn, Lon, Lyn, Lgn, Lbn, Lpn, Lmn, Lkn)

但し、n:0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7(各格子点の番号)

Lrn:Rのインクレベル

Lon:Oのインクレベル

Lyn:Yeのインクレベル

Lgn:Gのインクレベル

Lbn:Bのインクレベル

Lpn:Pのインクレベル

Lmn:Mのインクレベル

Lkn:Kのインクレベル

$$WL = (L - L0) / (L1 - L0)$$

$$Wa = (a - a0) / (a1 - a0)$$

$$Wb = (b - b0) / (b1 - b0)$$

... (21)

【0130】各色のインクレベルは次の(22)式から

求める。

$$\begin{aligned} Lc = & (1-WL) \cdot (1-Wa) \cdot (1-Wb) \cdot Lc0 \\ & + (1-WL) \cdot (Wa) \cdot (1-Wb) \cdot Lc1 \\ & + (1-WL) \cdot (1-Wa) \cdot (Wb) \cdot Lc2 \\ & + (1-WL) \cdot (Wa) \cdot (Wb) \cdot Lc3 \\ & + (WL) \cdot (1-Wa) \cdot (1-Wb) \cdot Lc4 \\ & + (WL) \cdot (Wa) \cdot (1-Wb) \cdot Lc5 \\ & + (WL) \cdot (1-Wa) \cdot (Wb) \cdot Lc6 \\ & + (WL) \cdot (Wa) \cdot (Wb) \cdot Lc7 \end{aligned}$$

... (22)

但し、c:R, O, Ye, G, B, P, M, Kの色を表す

【0131】上記の(16)式により光源補正されたXYZ値の画像データは、上記の(10)式によってLab値へ変換される。ただし、XYZ値は、すべて0以上の値である。これらLab値から8つの格子点を求めることができる。

【0132】次に、単色特性と混色特性との各々について説明する。

【単色特性の導出概念】まず、単色特性を求める処理の詳細を図19を参照して説明する。図19の処理は図12のステップ130～136の処理に相当する。図19のステップ130において、後述するように所定数のインクレベル(本実施の形態では、0付近を密にした37点)の信号をカラープリンタに出力することによって、

26

びインクレベルが決定される。すなわち、色度点Ddと8つの格子点D0～D7が図18に示す関係である場合には、各格子点のインク色およびインクレベルは、次の(19)式に示すように表現できる。

【0124】

... (19)

L3n:第3色目のインクレベル

【0125】本実施の形態では、色度点Ddの補間のために、次の(20)式に示すように、(19)式を各インクのインクレベルのベクトルのように置き換えて一般化する。

【0126】

... (20)

【0127】なお、上記の(19)式で用いた第1色、第2色、第3色の何れかのインク色についてはそのインクレベルが格納され、それ以外のインク色についてはインクレベル0が格納される。

【0128】また、補間においては、次の(21)式に示すようにLabの各軸に対応する3種の重みが用いられる。

【0129】

各インクレベル毎に各インク色単色での色チャート(サンプル)が作成される。すなわちカラープリンタから各単色毎に色チャートが出力される。この場合のインクレベル1は、適当な間隔でインクレベルの最小値(本実施の形態では、インク量0)から最大値までを網羅するように予め設定されている。次のステップ312では、出力された色チャートを測色し測色値を記憶する。すなわち、測色によって、各単色毎でかつ各インクレベル毎に、対応する色度データL*[li]a*[li]b*[li]が得られ、色度データとして記憶する。本実施の形態では、測定条件として<スペキュラーエクスクルーデッド/小>(s)開口>を設定し、(株)村上色彩技術研究所製の分光反射率測定装置(CMS-35SP)を用いて各単色チャートの各パッチを測定した。

【0133】次のステップ314では求めた色度データ

(15)

特開平9-321996

27

28

からインクレベルの最小値(0)の色度データ L_w, a_w, b_w を減算し、色差を求め、次のステップ316でこの色差を、出力された各単色毎の色チャートの紙の白地からの色差データ $DE[i]$ として記憶する。すなわ

$$\Delta E_{ab} = \{ (L - L_w)^2 + (a - a_w)^2 + (b - b_w)^2 \}^{1/2}$$

但し、 ΔE_{ab} : 色差(DE)

L, a, b : 各インクレベルに対する $L a b$ 値

L_w, a_w, b_w : 白色のインクレベルに対する $L a b$ 値

ここで、インクレベルを0, 1, 2, 3と密に設定して、色チャートを作成・測色した場合には、色差データがインクレベルに対して単調増加とはならない、すなわち、インクレベルを増加したにも関わらず、色差が減少することがある。この現象は、カラープリンタや測色機の不安定性によるものであり、かつ、後の単調増加スプライン補間の障害となるため、前後のインクレベル・色差の傾向から判断し、単調増加となるように色差データを補正することが好ましい。

【0135】そこで、次のステップ318では、前後のインクレベル・色差の傾向から色差データの補正が必要であるかを判断し、補正が必要である場合には次のステップ320で測定誤差等による逆転部を補正すると共に、次のステップ322で補正後のデータを色差データ $DE'[i]$ として記憶する。すなわち、各インクレベルに対する色差データが逆転部を有するか否か、すなわち、インクレベルが $i-1 < i-2$ であるにもかかわらず、 $DE(i-1) > DE(i-2)$ となる部分が有るか否かを判断する。有る場合には次のようにして修正する。まず、逆転部近傍について特性が滑らかになるように色差を再設定する。例えば、インクレベルに対する色差データの特性を表す曲線の勾配の変化量が小さくなるように設定する。この場合、その殆どが、飛び抜けて大きいまたは小さい色差値に代えて、その前後の色差値の平均値や重荷平均値を与えることにより、修正ことができる。

【0136】一方、ステップ318で補正が不要と判断された場合、すなわち、色差データがインクレベルに対して単調増加となる場合には、色差データ $DE[i]$ をそのまま補正後の色差データ $DE'[i]$ としてステップ324へ進む。

【0137】ステップ324では、色差データ $DE'[i]$ を最大のインクレベルのときの色差データ $DE[255]$ で除算することによって、最大のインクレベルで得られた色差データが「1」となるように規格化し、次のステップ326では規格化された色差データを規格化データ $D (=DE'[i] / DE[255])$ として記憶する。

【0138】次のステップ328では、上記説明した単調増加スプライン補間(図14、13参照)によって色チャートを作成したインクレベル以外のインクレベルに対する色差を求め、次のステップ330において補間に

ち、この白色からの色差データの算出は、白色(すなわち、インクレベル0に対する $L a b$ 値)を基準と考え、次の(23)式から求めることができる。

【0134】

... (23)

よって得られた任意のインクレベル L に対する色差データ $D[L]$ を記憶する。この処理を各色について行うことによって(ステップ332)、各色毎に任意インクレベルに対する白色からの色差が求められ、求めたインクレベルと色差データとの対応関係が単色特性テーブルとして記憶される。

【0139】以上のようにして生成された単色特性テーブルは、各色毎に、単色特性データ(測定が行われたインクレベルについてのみ、色差の値を有する。)について単調増加に限定されたスプライン補間が行われ、全てのインクレベルに対する色差が求められる。図21には単色特性の一例を示した。図21(1)は全てのインクレベルに対する色差の関係を示し、図21(2)はインクレベル10までの間のインクレベルに対する色差の関係を示した。

【0140】[単色チャートの作成] 上記、図19のステップ310で作成される単色チャート(サンプル)は、R, O, Y, G, B, P, M, Kの各色について、所定数のインクレベルで印刷することによって作成する。本実施の形態では、各色毎の単色チャートを作成するにあたり、38のインクレベル(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 255)を用いている。

【0141】また、昇華型カラープリンタは、印刷ヘッド方向(主走査方向)での印刷面積により印刷濃度に変化する特性を有している。従って、本実施の形態では、各単色チャートは、主走査方向とは直交する方向(副走査方向)に一行に配置し、主走査方向には1つのインクレベルに対応する1つのチャートのみが存在するように形成する。なお、昇華型カラープリンタとして、上記の現象を補正する機能を有した装置では、単色チャートの形成に上記の限定の必要はない。

【0142】[混色特性の導出] 次に、混色特性を求める処理の詳細を図20を参照して説明する。図20の処理は、図12のステップ138~148の処理に相当する。まず、図20のステップ360では、混色チャートを作成する(詳細は後述)。このステップ360では、上記説明した各色の単色特性を用いて、色差が略均等になる数点のインクレベル(本実施の形態では、最大値及び最小値の0及び255を含む5点のインクレベル)を求め、複数のインクレベルの組合わせについて、各インクレベルでの色チャートを作成する。本実施の形態では、(R, O, K), (O, Y, K), (Y, G,

(16)

特開平9-321996

29

K), (G, B, K), (B, P, K), (P, M, K), (R, M, K) を複数のインク色の組合せに設定しており、インク色の組合せ毎に $5 \times 5 \times 5 = 125$ 色、合計 875 色の混色チャートを作成する。

【0143】このように、各組合せは、色相の隣接した2色とK色からなる。これにより、色空間は色相毎に概略分割され、各色は2色の有彩色とK色で再現されることになる。

【0144】次のステップ362では、作成された各混色チャートが測色される。本実施の形態では、測定条件として「スベキュラーエクスクルード/小(s)開口」を設定し、(株)村上色彩技術研究所製の分光反射率測定装置(CMS-35SP)を用いて混色チャートの各パッチを測定した。

【0145】次のステップ364ではインクレベルがインク量に変換され、次のステップ366で各インク量の組み合わせに対しての色度が求められる。例えば、任意のインク色の1つの組み合わせに注目し、その第1色の色名をx1、第2色の色名をx2、第3の色名をx3とし、かつ、色チャートを作成したインクレベルを 1×1 i, 1×2 i, 1×3 i (本実施の形態では、 $i = 1, 2, 3, 4, 5$ かつ $1 \times 1 = 0, 1 \times 5 = 255$) とする。これらのインクレベルは、先に求められた各色の単色特性により印画インク量 $a \times 1$ i, $a \times 2$ i, $a \times 3$ i へ変換される。

【0146】詳細には、混色特性測定データ(分光反射率)の各々が、各インク色の組み合わせ毎に分類され、上記(10)式を用いてLab値に変換され、混色データとして記憶される。なお、この変換時には光源のデータとしてC光源のデータを用いている。そして混色チャートのインクレベルと単色特性テーブルから、単色インクレベルに相当する印画インク量が求められ、その値と上記Lab値との複数の対応がまとめられ、各インク色組み合わせ毎に記憶する。なお、本実施の形態では、0から255の整数値(離散的印画インク量)へ変換している。離散的印画インク量への変換は、既存のアプリケーション等からの指示を容易にするものである。

【0147】次のステップ368では、離散的印画インク量($a \times 1$ i, $a \times 2$ i, $a \times 3$ i)とそれに対応する色度データとから上記説明したスプライン補間を3次元へ拡張した3次元スプライン補間(本出願人の出願による特開平7-50760号公報参照)が行われ(高光度及び低光度の外挿)、0から255のすべての離散的印画インク量組み合わせに対する色度が求められ、次のステップ370で任意のインク量の組み合わせに対する色度が求められる。

【0148】以上の処理は、上記7つのインク色組み合わせについて各々行われ(ステップ372)、最終的には全てのインク色・印画インク量の組み合わせに対する色度の関係を表すデータベースが作成される。

30

【0149】次のステップ374では、3D-LUTの格子点の1つが設定され、次のステップ376で、設定された格子点の色度に最も近い色度が上記データベースから検索され、検索結果の色度に対するインク色・印画インク量が、設定された格子点のインク色・印画インク量として求められる。次のステップ378では、このインク色・印画インク量が上記で求めた単色特性を参照することによりインクレベルへ変換され、格子点の色度を与えるインク色・インクレベル組み合わせが求められる。以上の処理を3D-LUTの全ての格子点についてなされることによって(ステップ380)、3D-LUTの各格子点の色度を与えるインク色・インクレベル組み合わせが求められ、混色特性が求められる。この混色特性が最終的な色変換テーブルとして記憶される。従って、色変換テーブルは、色度(ABC値)とインクレベルとを関連づけるものであり、単色特性と混色特性を総合したものである。

【0150】[混色特性測定チャートの作成] 上記、図20のステップ360で作成される混色チャートは、先ず、混色チャート用のインクレベルが設定され、各インクレベルで印画することによって作成する。すなわち、上記単色特性から、次に示すように、各色について単色での色差が略均等になるような5点のインクレベル(但し、インクレベル0、255を含む)を設定する。本実施の形態ではインクレベルを、(R:0, 29, 59, 113, 255), (O:0, 34, 73, 121, 255), (Ye:0, 34, 73, 121, 555), (G:0, 37, 80, 135, 255), (B:0, 74, 113, 167, 255), (P:0, 46, 95, 154, 255), (M:0, 28, 57, 111, 255), (K:0, 45, 93, 152, 255)に設定する。

【0151】また、上記のように、混色チャートは、7組のインク色の組み合わせ、すなわち、(R, O, K), (O, Y, K), (Y, G, K), (G, B, K), (B, P, K), (P, M, K), (R, M, K)について、上記のインクレベルが組み合わせられて作成される。従って、作成すべき色パッチ数は、 $5 \times 5 \times 5 \times 7 = 875$ 色になる。

【0152】なお、本実施の形態において形成する混色チャート1枚には、各単色・インクレベルの所定値(例えば127)の色パッチが形成される。この所定値の色パッチは安定性チェック用として用いることができる。この色パッチから後述するように、印画濃度変動をチェックすることができ、測色する測定装置において測定値の信頼性を向上することができる。

【0153】なお、上記実施の形態では、色度を求めるために、印画された単色チャート及び混色チャートをコンピュータに接続した測定装置で測定したが、独立した別個の測色機で測定を行い、その測定値を用いても良い。

【0154】また、上記実施の形態では、インクレベル(信号値)と色度との間の関係を定めるため、1つの色

(17)

特開平9-321996

31

変換テーブルである3D-LUTを求め、求めた色変換テーブルを用いてXYZ画像をインクレベル値で構成される画像へ変換した場合を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、図9に示したように単色特性72と混色特性76の各々をテーブル(LUT)として、単色特性及び混色特性を各々独立して構成し、XYZ画像のXYZ値を混色特性を用いて転写色材量に変換し、その後、転写色材量を単色特性を用いて信号値へ変換するようにしてもよい。

【0155】さらに、上記実施の形態では、被色再現媒体として白紙を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、透明や半透明の媒体や任意の色の紙や媒体を用いてもよい。

【0156】本実施の形態では、単色特性及び混色特性を分離して求めている。すなわち、単色特性を求めた後、混色特性と併せて3D-LUTを生成している。このように、単色特性及び混色特性を分離して求めることによって、例えば、異なる製造ロットの色材を使用する場合(略同一色味の色材交換等)の調整や、カラーブリ
20 ンタの経時変化を補正する場合の調整が容易となる。すなわち、異なる製造ロットの色材を使用する場合や、プリンタの経時変化を補正する場合には、各単色特性は略同一色味であり、混色チャートによる測定値の変動は少ない。従って、単色チャートによる測定値を調整すれば十分に色再現が可能な状態に復帰させることができる。このため、単色チャートのみを作成し測定し、新たな単色特性を求める。この求めた新たな単色特性を既存の混色特性と併せて3D-LUTを求めることにより、少ない測定数かつ計算量で最適な状態に色補正を行うことができる。

【0157】なお、異なる製造ロットの色材を使用する場合(略同一色味の色材交換等)の調整や、カラーブリ
ンタの経時変化を補正する場合の調整では、各色材の色材転写量の補正をすることが好ましい。例えば、図22には、異なる製造ロットの色材に変更したときの色材転写量と、以前の色材転写量との各特性を示した。図22
(1)はCyの色材について点線で以前の特性を示すと共に実線で変更後の特性を示した。また、図22(2)はMの色材についての特性を実線で示すと共に、点線でCyの色材の以前の特性を示した。図から理解されるように、Cyの色材については以前の特性(点線)では最大転写量T1であると共に変更後の特性(実線)では最大転写量T2($T1 > T2$)である。また、Mの色材は最大転写量T3($T3 > T1 > T2$)である。

【0158】ここで、交換以前に求めた単色特性は、図22の点線で示した特性で求められている。すなわち、C(シアン)色の色材については最大転写量T1までのダイナミックレンジで求められている。従って、単色特性のみを変更した場合に、Mの色材について最大転写量T3を指示すべきインクレベル(信号値)S1に対応す
50

32

るCyの色材の色材転写量は最大転写量T2を超えた値を示すことになり、実質的にはCyの転写量を指示することができない。このため、異なる製造ロットの色材を用いるとき等に、C色の色材の最大転写量が変更以前より低下した場合には、他の色材(例えば、MYKの3色、図22の例ではM)の最大転写量がC色の色材の最大転写量に一致するように(図22(2)に示した直線TT)単色LUTを設定する。すなわち、変更または調整した色材の最大転写量がそれ以前より低下した場合には、変更または調整した色材の最大転写量を超えた他の色材の転写量を、変更または調整した色材の最大転写量に一致させて単色特性を設定する。このように、C色の色材の最大転写量が変更以前より低下した場合に、他の色材の最大転写量がC色の色材の最大転写量に一致するように単色LUTを設定することにより、低明度部の色バランスの悪化を防止することができる。

【0159】また、色再現すべき色について、色調(色味)の調整を行う場合には、各色材の単色特性を変更し、既存の混色特性データと併せて3D-LUT算出処理すれば良い。例えば、画像の黄みを強調したい場合には、C色とM色の単色特性について各信号値に対応する色材転写量を、実際よりも小さくなるように(例えば、一律に0.9を乗算)変更すると共に、Ye色の単色特性については各信号値に対応する色材転写量を、実際よりも大きくなるように(例えば、一律に1.1を乗算)変更すれば良い。

【0160】なお、上記実施の形態では減法混色が成立するカラーブリ
ンタに本発明を適用した場合を説明したが、加法混色が成立しないCRTシステムに対しても有効である。

【0161】〔色再現精度の評価〕次に、上記のようにして作成された色変換テーブルを用いて任意の色を再現したときの色再現精度について、評価を行った。図23には、色再現精度の評価の処理フローを示した。なお、評価は、無彩色を含む場合と、無彩色のみからなる場合との2種類を行った。これらを順に説明する。

【0162】まず、既存の色票から任意の50色の色票を用いて色再現精度を評価した場合を説明する。図23のステップ500では、色再現精度の評価の基準とする色票が設定される。本実施の形態では、この任意の50色は、色相、彩度、明度が片寄らないように(無彩色を含む)DIC色票から選択した。以下の表2には、これらの色票名を後述する色度の評価結果(色差等)と共に示した。次のステップ502では、設定された複数の色票が、測定装置である色彩計(上記材上色彩計MS-355P)で計測(測色)され、次のステップ504においてC光源下(すなわち、色変換テーブルを作成した光源下)での三刺激値(XYZ値)が求められる。なお、このステップ504では、Lab値が求められ、記憶される。次に、求めたXYZ値が、ステップ506におい

(18)

特開平9-321996

33

て、上記のプリント時のデータ処理（C光源下での観察のための光源補正を含む）された後に、次のステップ508で出力される。これによって、カラープリンタ60からは色パッチが印刷されたプリント62が出力（プリントアウト）される。

【0163】詳細には、三刺激値が求められた後、C光源下でのL a b値が算出され、上記形状（直列配列）で色パッチが形成されるように画像データが作成された後、カラープリンタ60へ転送され、プリント62が作成される。

【0164】プリントアウトされたプリント62に形成された色パッチは、上記ステップ502の処理と同様にステップ510で色パッチの印刷色が色彩計で計測された後に、次のステップ512においてC光源下でのL a b値が求められる。

【0165】次に、ステップ514では、ステップ504及びステップ512で求めた色票のL a b値及び色票の印刷により形成された色パッチのL a b値が読み取ら

34

れ、減算することによって色差が求められる。

【0166】以下の表2には、任意の50色のDIC #、これらDIC #の各々に対するL a b色度（目標色）、印刷結果のL a b色度、及び目標色との色差を示した。また、表3には表2における色差の平均値、標準偏差及び最大値を示した。また、これらの目標色と印刷色の関係を図24、図25、図26に示した。図24には、縦軸a*及び横軸b*とした色度図における目標色の分布を示し、図25には、縦軸にL*及び横軸にDIC #とした座標系における目標色の分布を示した。色度図上の分布に片寄りのないことが理解される。図26は、DIC #各色に対する色差 ΔE_{ab} を示した。

【0167】これにより、任意の色について、各々印刷された色が目標となる色に再現されたことが理解される。なお、最も大きい色差を与える目標色（#14）は、色再現範囲外の色と考えられる。

【0168】

【表2】

(19)

特開平9-321996

35

36

任意色		目標色			印字色			色差
#	DIC#	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE_{ab}
1	1	38.14	5.37	11.09	30.89	0.72	11.89	5.43
2	15	79.55	-35.76	4.33	79.58	-27.65	8.04	8.92
3	27	68.81	-41.80	-3.60	70.18	40.48	-3.77	2.18
4	43	70.16	-11.83	-14.05	71.20	-11.89	-13.57	1.14
5	70	56.70	2.72	-32.73	57.72	3.14	-33.13	1.17
6	80	63.20	52.34	41.24	62.98	44.97	40.27	7.44
7	88	83.64	0.76	72.49	83.71	2.43	73.65	2.04
8	99	61.06	-25.18	-38.23	61.45	-20.85	-33.58	6.37
9	112	55.63	65.30	-12.54	56.29	60.58	-13.75	4.94
10	116	57.04	80.78	35.17	56.44	56.68	33.45	4.58
11	127	84.28	-24.99	71.34	86.52	-23.05	73.43	3.63
12	150	42.22	64.74	-41.74	43.31	54.96	-34.84	12.02
13	182	70.61	33.25	61.78	70.12	30.74	60.04	3.09
14	175	59.95	-61.00	-4.08	60.27	-47.09	1.73	15.07
15	185	42.02	59.59	-5.37	43.78	60.81	-8.18	3.47
16	205	74.40	14.14	68.83	74.76	16.21	68.85	2.16
17	212	61.93	-39.08	37.65	62.86	-39.42	36.91	1.24
18	222	38.00	23.23	-60.92	36.39	23.54	-51.21	0.58
19	234	40.10	46.62	16.83	39.76	47.70	15.56	1.70
20	243	51.95	-3.41	37.97	52.08	-2.69	37.33	0.97
21	251	37.17	-23.26	-4.58	36.13	-23.68	-4.10	1.16
22	283	38.38	47.09	6.22	38.75	47.11	5.80	0.58
23	294	58.13	46.06	22.32	57.84	47.87	22.81	1.90
24	301	50.87	34.84	27.57	50.56	36.86	27.57	1.07
25	303	57.70	19.63	19.63	36.71	21.13	21.32	2.44
26	312	30.71	9.81	10.25	29.80	10.88	11.46	1.84
27	313	64.47	10.88	37.72	63.28	11.22	37.25	1.55
28	334	71.08	1.04	26.38	71.17	0.74	27.07	0.76
29	351	46.38	-9.19	20.11	45.71	-8.78	20.24	0.80
30	358	72.63	-14.58	27.64	71.73	-14.24	27.28	1.02
31	362	60.14	-21.07	42.29	59.45	-21.07	42.02	0.74
32	390	71.97	-13.11	8.47	71.61	-11.58	9.58	1.92
33	401	50.30	-18.51	-8.51	50.92	-18.25	-7.97	0.87
34	410	30.98	-10.09	-20.38	31.96	-10.04	-20.14	1.00
35	433	29.27	4.27	-26.86	29.20	4.78	-27.18	0.58
36	443	63.56	-0.62	-9.49	63.71	0.67	-9.98	1.38
37	448	35.85	5.43	-14.64	35.83	6.15	-14.72	0.72
38	453	60.47	21.10	-23.48	60.04	23.01	-24.49	2.20
39	459	57.06	9.18	-5.43	57.31	9.18	-5.52	0.28
40	467	68.06	6.31	5.27	67.14	6.73	4.94	1.06
41	480	59.85	31.88	-3.55	60.01	32.29	-3.55	0.34
42	493	48.22	16.51	-2.60	47.08	18.14	-1.52	2.27
43	510	42.01	-5.68	4.85	41.59	-5.47	4.22	0.77
44	517	63.86	-0.02	10.35	63.49	-0.24	10.86	0.67
45	525	39.37	3.14	3.41	38.57	3.98	4.59	1.63
46	543	58.65	-0.97	2.96	57.16	-0.12	3.70	1.87
47	545(1/2)	85.09	-1.67	5.43	86.00	-1.87	3.04	2.41
48	546	38.33	0.45	-1.57	37.80	0.82	-0.83	1.10
49	548	74.59	-1.39	4.66	74.97	-3.45	5.99	2.48
50	556	28.94	0.09	2.87	28.68	0.35	4.06	1.24

【0169】

【表3】

(N:50)

	ΔE_{ab}
平均値	2.53
標準偏差	2.90
最大値	15.07

【0170】次に、無彩色の再現精度を評価した場合を説明する。まず、評価対象とした無彩色の色度は、マイクロコンピュータ上で求めることができる。従って、予め $L^*a^*b^*$ 値を求めることができる。これにより、図23のステップ500では、色再現精度の評価の基準とする

無彩色の明度が設定される。以下の表4には、これらの無彩色を番号#で示し、色度の評価結果（色差等）と共に示した。無彩色の色度は、予め求めることができるので、次のステップ502では、設定された無彩色について色度を読み取り、次のステップ504においてC光源下（すなわち、色変換テーブルを作成した光源下）での三刺激値（XYZ値）が求められる。次に、求めたXYZ値が、ステップ506において、上記のプリント時のデータ処理（C光源下での観察のための光源補正を含む）された後に、次のステップ508で出力される。これによって、カラープリンタ60からは色パッチが印刷されたプリント62が出力（プリントアウト）される。

【0171】プリントアウトされたプリント62に形成

(20)

特開平 9-321996

37

された色パッチは、上記の処理と同様にして（ステップ 510、512、514）、色パッチの印画色が色彩計で計測され、C光源下でのL a b値が求められ、無彩色のL a b値及び無彩色の印画により形成された色パッチのL a b値が読み取られ、減算することによって色差が求められる。

【0172】上記無彩色の再現精度の評価は、全明度領域に対する検討と高明度領域に対する検討の2種類について検討した。これは、高明度・低彩度領域について色再現されることが画像を観察する上で重要であり、特に高明度領域に対する検討を行う必要があるためである。

【0173】・全明度領域に対する検討

表4、表5、表6、及び図27、図28、図29、図30は全明度領域に対する検討の結果である。

【0174】表4には無彩色・全明度領域の目標色L a b色度および印画結果のL a b色度、目標色との色差を示した。ここでは無彩色を対象としているので、目標色のa*値、b*値は0である。また、表中の番号#に()が付してあるものは、色再現範囲外の色(明度)である。表5には全明度域での色差の平均値等を示し、また、表6には色再現範囲内の色のみに関する色差の平

38

均値等を示した。

【0175】図27は、横軸に目標色のL*（すなわち、カラープリンタへの入力値）、縦軸に印画色のL*（すなわち、カラープリンタからの出力値）を示したものである。この図から理解されるように、略理想的な特性である傾き1の直線となるが、低明度域及び高明度域で理想直線から外れている。これは、これらの明度域が色再現範囲外であると考えられる。

【0176】図28は、横軸に目標色のL*、縦軸に目標色のL*と印画色のL*との差をとったものである。また、図29は、横軸に目標色のL*、縦軸に印画色のa*およびb*値をとったものである。無彩色ではa*およびb*値は0であるから、本図において縦軸の値が0である水平な線からの距離は、そのまま印画色の色差を示す。図30は、横軸に目標色のL*、縦軸に目標色と印画色との色差をとったものである。図から理解されるように、低明度域及び高明度域を除いて略平坦な特性を示しており、任意の色について、各々印画された色が目標となる色に再現されたことが理解される。

【0177】

【表4】

(21)

特開平 9-321996

39

40

紙彩色全域							
#	目標色			印刷色			色差
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
(1)	5.00	0.00	0.00	13.72	1.40	-3.83	9.63
(2)	9.00	0.00	0.00	13.73	1.65	-3.77	6.27
(3)	13.00	0.00	0.00	13.86	1.74	-3.76	4.22
4	17.00	0.00	0.00	16.90	0.09	-0.07	0.16
5	21.00	0.00	0.00	21.41	-0.14	0.40	0.59
6	25.00	0.00	0.00	24.88	-0.21	0.46	0.52
7	29.00	0.00	0.00	29.02	-0.06	0.24	0.24
8	33.00	0.00	0.00	33.07	-0.29	0.48	0.56
9	37.00	0.00	0.00	36.59	0.44	0.57	0.83
10	41.00	0.00	0.00	40.32	0.54	0.70	1.12
11	45.00	0.00	0.00	44.49	0.15	0.47	0.71
12	49.00	0.00	0.00	48.63	0.53	0.42	0.82
13	53.00	0.00	0.00	52.54	0.32	0.72	0.92
14	57.00	0.00	0.00	56.55	0.56	0.63	0.96
15	61.00	0.00	0.00	60.74	0.27	0.60	0.71
16	65.00	0.00	0.00	64.81	0.22	0.51	0.69
17	69.00	0.00	0.00	69.44	-0.28	0.61	0.80
18	73.00	0.00	0.00	74.47	-1.24	0.57	2.01
19	77.00	0.00	0.00	77.95	-0.98	-1.20	1.57
20	81.00	0.00	0.00	81.33	0.57	0.07	0.66
21	85.00	0.00	0.00	85.68	-0.26	-0.89	1.14
22	89.00	0.00	0.00	89.36	-0.61	0.01	0.71
23	93.00	0.00	0.00	93.16	-0.57	0.77	0.97
(24)	97.00	0.00	0.00	94.02	1.60	-3.05	4.55

【0178】

【表5】

(N:24)

	ΔEab
平均値	1.72
標準偏差	2.21
最大値	9.63

【0179】

【表6】

(N:20)

	ΔEab
平均値	0.83
標準偏差	0.41
最大値	2.01

【0180】・高明度領域に対する検討

表7、表8、表9および図31、図32、図33、図35

4は高明度領域に対する検討の結果である。

【0181】表7に無彩色・高明度領域の目標色Lab色度および印刷結果のLab色度、目標色との色差を示す。当然ながら、目標色のa*、b*値は0である。また、表中の番号#に()が付してあるものは、色再現範囲外の色(明度)である。表8には、高明度域全ての色差の平均値等を示す。また、表9には、色再現範囲内の色

40

のみに関する色差の平均値等を示す。

【0182】図31は、横軸に目標色のL* (すなわち、カラープリンタへの入力値)、縦軸に印刷色のL* (すなわち、カラープリンタからの出力値)を示したものである。理想的な特性は傾き1の直線となることであるが、本結果では高明度域で理想の直線から大きく外れていることがわかる。これは、これらの明度域が色再現範囲外であることに原因がある。

【0183】図32は、横軸に目標色のL*、縦軸に目標色のL*と印刷色のL*との差をとったものである。また、図33は、横軸に目標色のL*、縦軸に印刷色のa

(22)

特開平 9-321996

41

・ および b^* 値をとったものである。上記と同様に無彩色では、 a^* および b^* 値は 0 であるから、本図での縦軸 0 からの距離は、そのまま印画色の色差を示す。図 34 は、横軸に目標色の L^* 、縦軸に目標色と印画色との色差をとったものである。図から理解されるように、か

42

なり高明度まで色差変動等は少なくなっており、概ね、任意の色について、各々目標となる色が再現されている。

【0184】

【表 7】

無彩色高明度域							
#	目標色			印画色			色差
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	ΔE_{ab}
1	75.00	0.00	0.00	76.31	-0.38	-0.49	1.45
2	76.00	0.00	0.00	76.44	-0.22	-0.18	0.52
3	77.00	0.00	0.00	77.74	0.13	-1.45	1.63
4	78.00	0.00	0.00	78.74	0.43	-1.11	1.40
5	79.00	0.00	0.00	79.62	0.76	-0.74	1.23
6	80.00	0.00	0.00	79.90	1.05	-0.49	1.16
7	81.00	0.00	0.00	80.97	1.35	-0.15	1.36
8	82.00	0.00	0.00	82.75	-0.75	0.89	1.38
9	83.00	0.00	0.00	84.10	-0.17	-1.33	1.73
10	84.00	0.00	0.00	84.81	-0.04	-1.12	1.38
11	85.00	0.00	0.00	85.09	0.11	-0.98	0.99
12	86.00	0.00	0.00	86.10	0.54	-0.65	0.85
13	87.00	0.00	0.00	86.78	0.82	-0.27	0.89
14	88.00	0.00	0.00	88.08	-0.88	0.32	0.94
15	89.00	0.00	0.00	88.80	-0.87	0.40	0.98
16	90.00	0.00	0.00	90.02	-0.32	1.19	1.23
17	91.00	0.00	0.00	91.17	-0.01	-1.37	1.38
18	92.00	0.00	0.00	92.11	-0.66	1.07	1.26
19	93.00	0.00	0.00	92.97	-1.11	1.68	2.02
(20)	94.00	0.00	0.00	93.90	1.40	-2.73	3.07
(21)	95.00	0.00	0.00	93.90	1.43	-2.77	3.31
(22)	96.00	0.00	0.00	93.98	1.57	-3.00	3.94
(23)	97.00	0.00	0.00	93.97	1.56	-3.01	4.55
(24)	98.00	0.00	0.00	93.95	1.57	-3.02	5.29
(25)	99.00	0.00	0.00	93.98	1.59	-3.07	6.10

【0185】

【表 8】

(N: 25)

	ΔE_{ab}
平均値	2.00
標準偏差	1.46
最大値	6.10

【0186】

【表 9】

40

(N: 19)

	ΔE_{ab}
平均値	1.25
標準偏差	0.34
最大値	2.02

【0187】以上説明したように、本実施の形態では、少ない測定数や記憶するに必要なデータとして少ない数量でも、カラープリンタの詳細な特性を考慮した色再現が可能になり、高精度な色再現を実現できる。また、本出願人により既に出願済の特開平 7-50760 号公報

50 に記載の色再現方法に本方法を適用した場合、各色材単

(23)

特開平9-321996

43

色毎の信号値と色材転写量との関係を求めるためのデータ数に規制がなくなり、かつ、測定データ数や測定を行う信号値を色材毎に適当に設定することができるため、データ数が膨大になることなく各色材単色毎の信号値と色材転写量との関係の非線形性を正確に把握することが可能になる。

【0188】また、本実施の形態では、高精度で色再現を実現するために作成された色変換テーブル、すなわち信号値と色度との間の関係を定めることができ、混色特性と単色特性が分離されて求められるため、色材体の製造ロットのバラツキや印画ヘッドの発熱効率劣化等により単色特性が変化した場合でも、単色特性のみを変更または更新すれば良く、混色特性を変更する必要がない。混色特性の導出には、多くの測定データと計算処理を必要とするので、この処理が不要になることによって、上記変更時や更新時の演算量を大幅に削減することができる。

【0189】また、上記カラープリンタにおいて、異なる製造ロットの色材を用いるとき等に、変更または調整した色材の最大転写量がそれ以前より低下した場合に、変更または調整した色材の最大転写量を越えた他の色材の転写量を、変更または調整した色材の最大転写量に一致させて単色特性を設定する。このように、各色材の規格化された最大転写量の最小値と一致するように、各色材の紙への最大転写量が制限することにより、低明度部の色バランスを良好に保つことができる。

【0190】さらに、上記カラープリンタでは、混色特性と単色特性が分離されて求められるので、色再現すべき色について、色調（色味）の調整が必要な場合には、各色材の単色特性を変更することによって、単色特性のみを操作して各色材の転写量を変化させれば、色バランス等を簡単に調整することができる。

【0191】ここで、一般に、転写色材量を求めるためには化学的な分析等が必要となる。代替手段として光学濃度を用いることが考えられるが、知覚される色の濃さとは必ずしも一致せず、特に、一般的な色材であるCMYK以外の色材を用いる場合には、知覚される色の濃さと一致する光学濃度を求めることが困難である。また、カラープリンタで正確な色再現を行う場合には、出力チャートの色度を求めることが必須であるため、光学濃度を用いることにより同一のシステム中に複数の表色体系（光学濃度と色度値）が存在することになり、データの扱い等が複雑になるので、好ましくない。また、光学濃度と色度を求めるため、高価な分光計測型の測定機を用意したり、光学濃度測定機と測色機の各々を用意して装置構成を複雑にしたりしなければならない。光学濃度測定機と測色機とを用意する場合には各々の測定機で個別に測定しなければならない。本実施の形態では、色差を用いるので、濃度を測定する必要がなく単純な構成でかつ容易にデータ処理することができる。また、色差を

44

用いることによって、知覚に対して冗長度の小さいデータを得ることが可能であり、高い色再現精度を少ない測定数で実現することができる。

【0192】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、複数の各色材の形成量とデバイス値との関係を表す単色特性と、複数色材の各所定形成量による色の形成により再現された色の色度との関係を表す混色特性とを求め、求めた単色特性及び混色特性に基づいて任意の各色の色情報値を前記デバイス値に変換するので、混色特性と単色特性が分離されるため、色材体の製造ロットバラツキや印画ヘッドの発熱効率劣化等により単色特性が変化した場合でも、単色特性のみを更新すれば良く、混色特性を変更する必要がない、という効果がある。

【0193】また、デバイス値と再現される色の色度との間の非線形な関係について、デバイス値と色材の形成量との間の関係を表す単色特性によってデバイス値を色材の形成量へ変換し、該色材の形成量と再現される色の色度との間の関係を混色特性として求めることによって、非線形の強いデバイス値と再現される色の色度との間の関係を直接求める場合よりも、少ないデータ数で精度よくデバイス値と再現される色の色度との間の関係を求めることができる。

【0194】さらに、色材の交換等によりその色材の被色再現媒体への最大形成量に変化した場合、各色材の規格化された最大形成量の最小値と略一致するように、各色材の被色再現媒体への最大形成量が制限されることにより、低明度部の色バランスを良好に保つことができる。

【0195】さらにまた、再現する所定色の色味を調整するとき、複数の単色特性のうち調整すべき色味に対応する単色特性のみを調整すればよいので、色バランス等を簡単に調整することができる。

【0196】また、形成量として、形成量に応じて形成された色または該形成量を定めるデバイス値により形成された色と、色再現媒体の白色や灰色との色差を用いることができるので、形成量を求めるための化学的な分析等の複雑な測定を要することなく、容易に各特性を求めることができる。この色差を用いることによって、知覚に対して冗長度の小さいデータを得ることが可能であり、高い色再現精度を少ない測定数で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】任意の色をCRTに表示させるときの一般的な処理の流れを示すブロック図である。

【図2】ハードコピー装置で任意の色度のハードコピーを作成するときの処理の流れを示すブロック図である。

【図3】色を表す信号値によるCRTの表示から色（色度）が知覚されるまでの色再現のプロセスを示す概念図である。

(24)

特開平9-321996

45

46

【図4】図3のプロセスを交換プロセスと知覚プロセスに大別できることを説明するための説明図である。

【図5】カラーハードコピー装置における色再現のプロセスを示す概念図である。

【図6】印画結果の色度を予測しCMYK値を決定するための概念構成を示すイメージ図である。

【図7】カラーハードコピー装置において印画結果の色度を予測して色再現のプロセスの詳細を示す概念図である。

【図8】本実施の形態にかかる色再現装置の概略構成を示す線図である。

【図9】色変換テーブルの概念構成を示すイメージ図である。

【図10】インクレベルが色度に交換されるまでのプロセスを示すイメージ図である。

【図11】本実施の形態の色再現装置で実行される演算処理ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図12】色変換テーブル生成の処理の流れを示すフローチャートである。

【図13】画像を印画する処理の流れを示すフローチャートである。

【図14】スプライン補間の前処理の流れを示すフローチャートである。

【図15】任意の信号値に対する色材転写量を求める演算処理の流れを示すフローチャートである。

【図16】スプライン補間において用いる g 値を説明するための説明図である。

【図17】 $L^*a^*b^*$ 空間上における色変換テーブル(3D-LUT)を示すイメージ図である。

【図18】図17の $L^*a^*b^*$ 空間上における色変換テーブル(3D-LUT)において任意の $L^*a^*b^*$ 値からインク色・インクレベルを求めることを説明するためのイメージ図である。

【図19】単色特性導出の処理の流れを示すフローチャートである。

【図20】混色特性導出の処理の流れを示すフローチャートである。

ートである。

【図21】インクレベルと白色からの色差で表される単色特性を示す線図である。

【図22】色材交換等においてシアン色及びマゼンタ色の各色材間の信号値(インクレベル)と色材転写量との関係を示す線図である。

【図23】色再現精度を評価する処理の流れを示すフローチャートである。

【図24】色再現精度の評価に用いた任意の目標色の $a^* - b^*$ 色度図上の分布を示す線図である。

【図25】色再現精度の評価に用いた任意の目標色の L^* の分布を示す線図である。

【図26】色再現精度の評価に用いた任意の目標色の色差の分布を示す線図である。

【図27】色再現精度の評価に用いた全明度域の目標無彩色の L^* と印画色の L^* の関係を示す線図である。

【図28】色再現精度の評価に用いた全明度域の目標無彩色の L^* と、目標色の L^* 及び印画色の L^* の差 ΔL^* の関係を示す線図である。

【図29】色再現精度の評価に用いた全明度域の目標無彩色の L^* と、 a^* 及び b^* の関係を示す線図である。

【図30】色再現精度の評価に用いた全明度域の目標無彩色の L^* と、色差 ΔE_{ab} の関係を示す線図である。

【図31】色再現精度の評価に用いた高明度域の目標無彩色の L^* と印画色の L^* の関係を示す線図である。

【図32】色再現精度の評価に用いた高明度域の目標無彩色の L^* と、目標色の L^* 及び印画色の L^* の差 ΔL^* の関係を示す線図である。

【図33】色再現精度の評価に用いた高明度域の目標無彩色の L^* と、 a^* 及び b^* の関係を示す線図である。

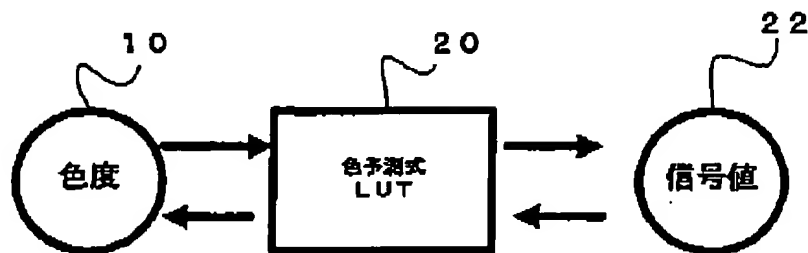
【図34】色再現精度の評価に用いた高明度域の目標無彩色の L^* と、色差 ΔE_{ab} の関係を示す線図である。

【符号の説明】

52 マイクロコンピュータ

54 測定装置

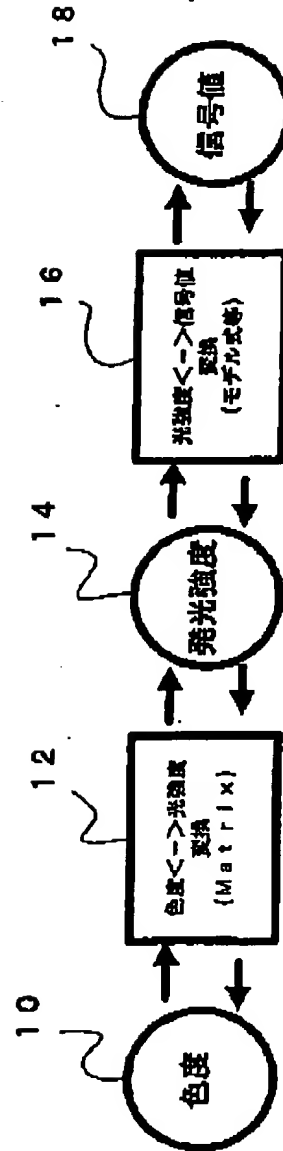
【図2】



(25)

特開平9-321996

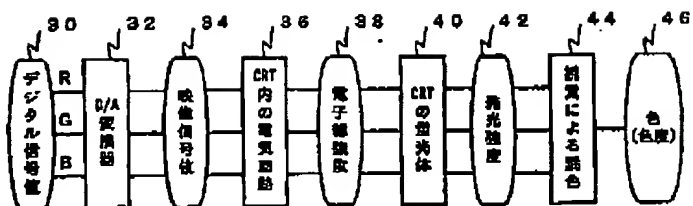
【図1】



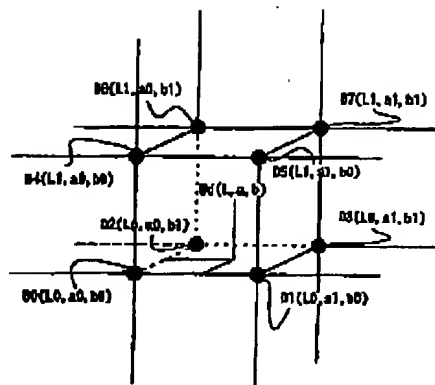
(26)

特開平9-321996

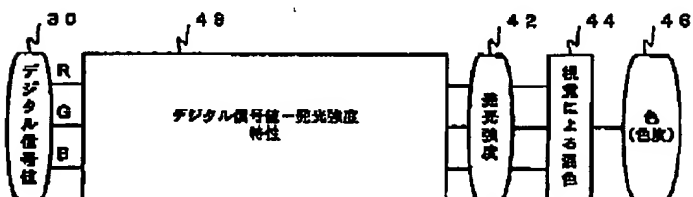
【図3】



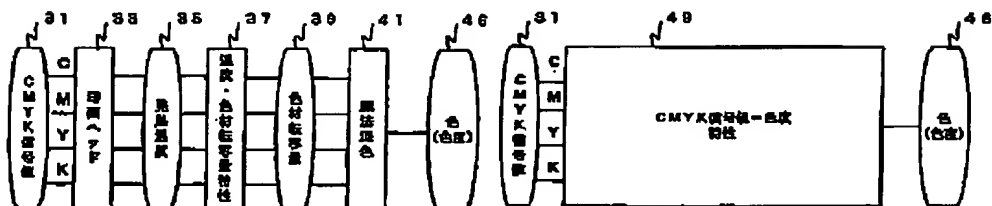
【図18】



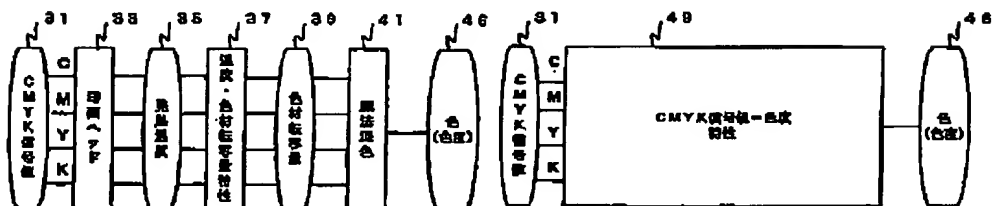
【図4】



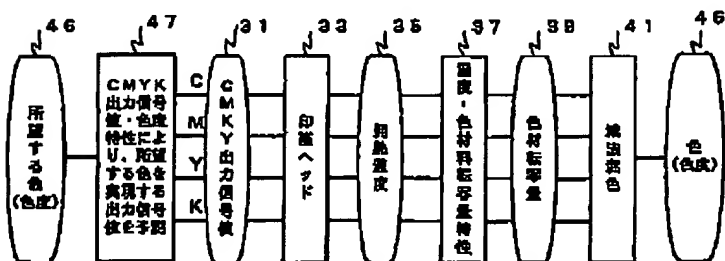
【図5】



【図6】



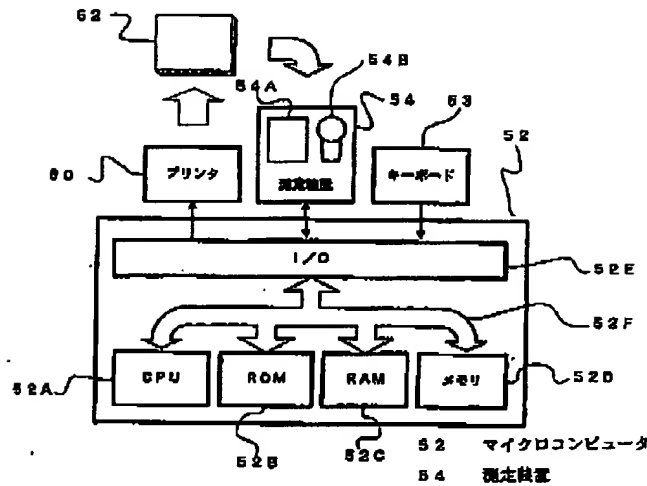
【図7】



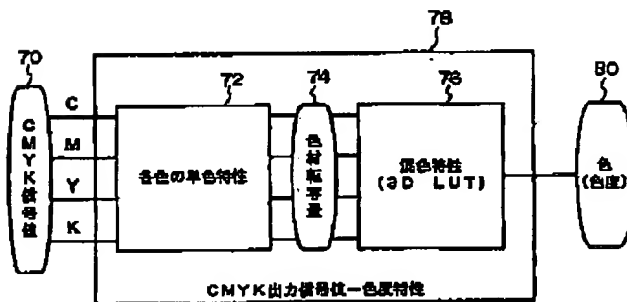
(27)

特開平9-321996

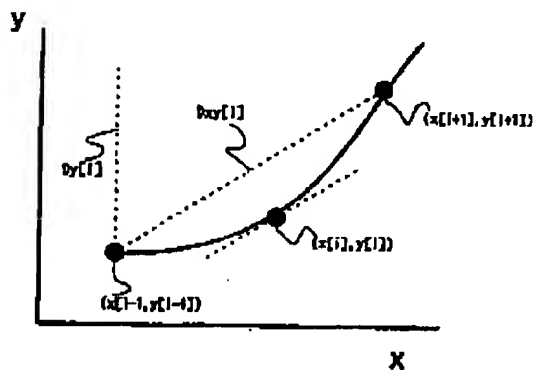
【図8】



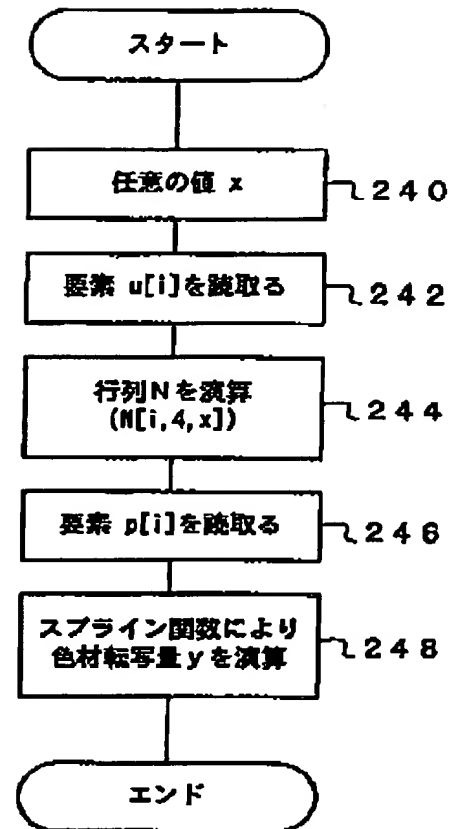
【図9】



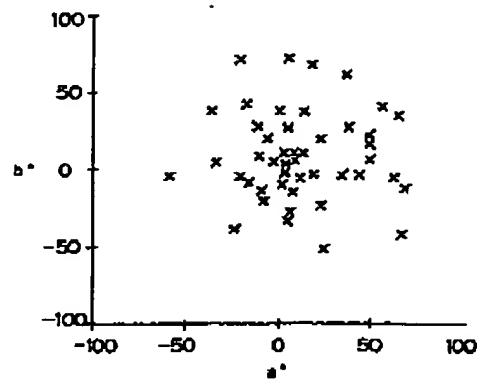
【図16】



【図15】



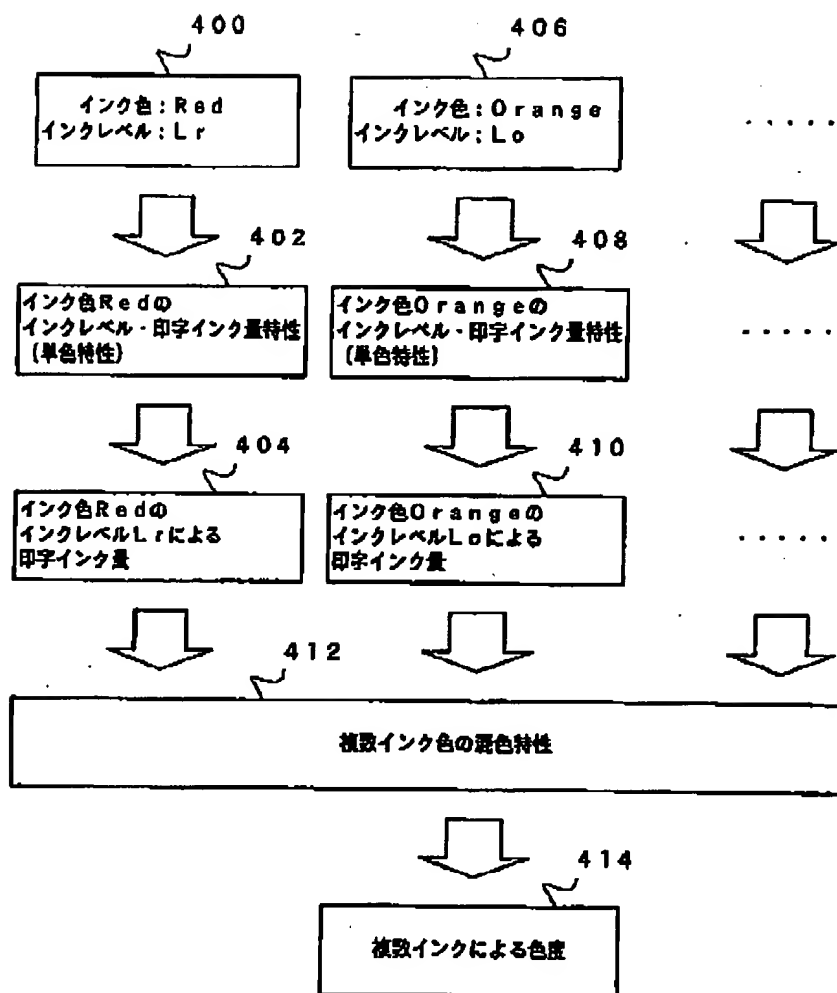
【図24】



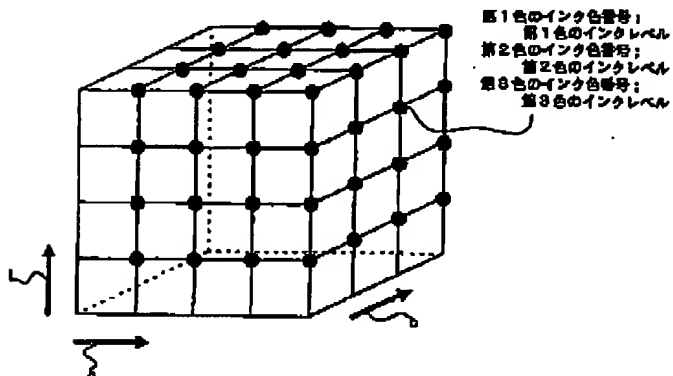
(28)

特開平 9-321996

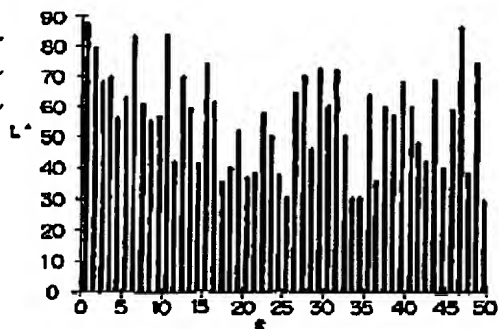
【図10】



【図17】



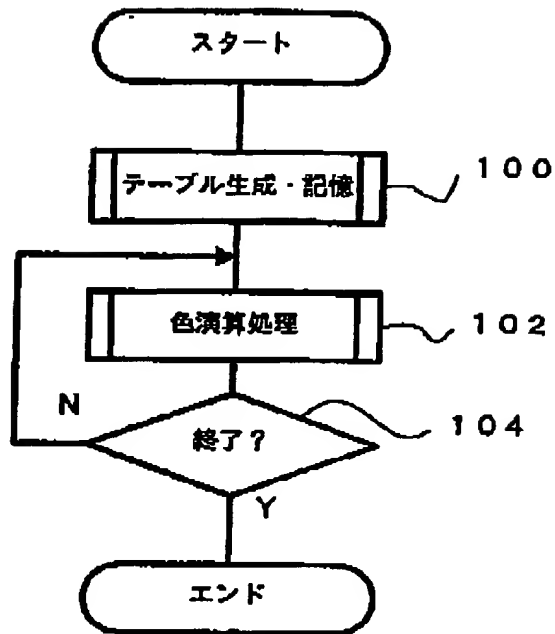
【図25】



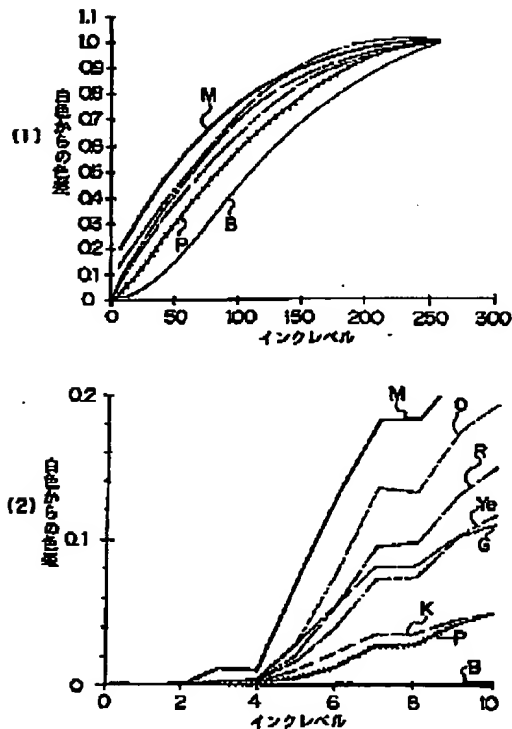
(29)

特開平9-321996

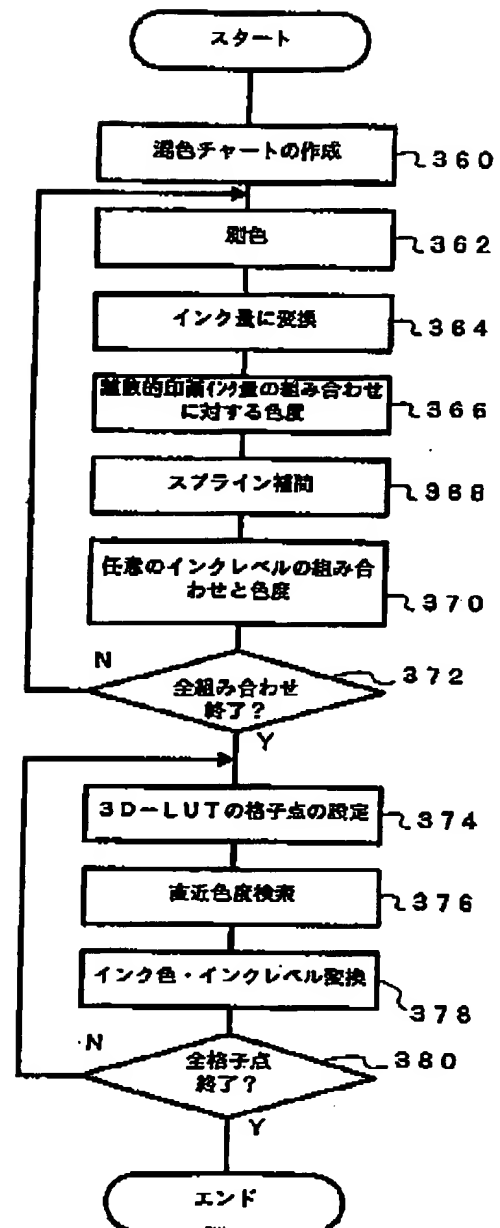
【図11】



【図21】



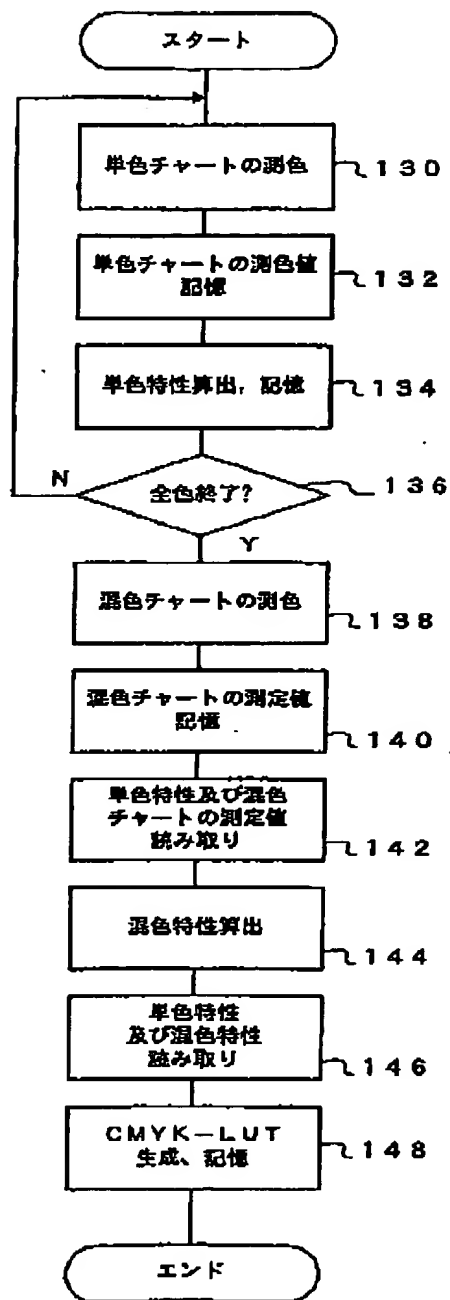
【図20】



(30)

特開平 9 - 3 2 1 9 9 6

【図 12】

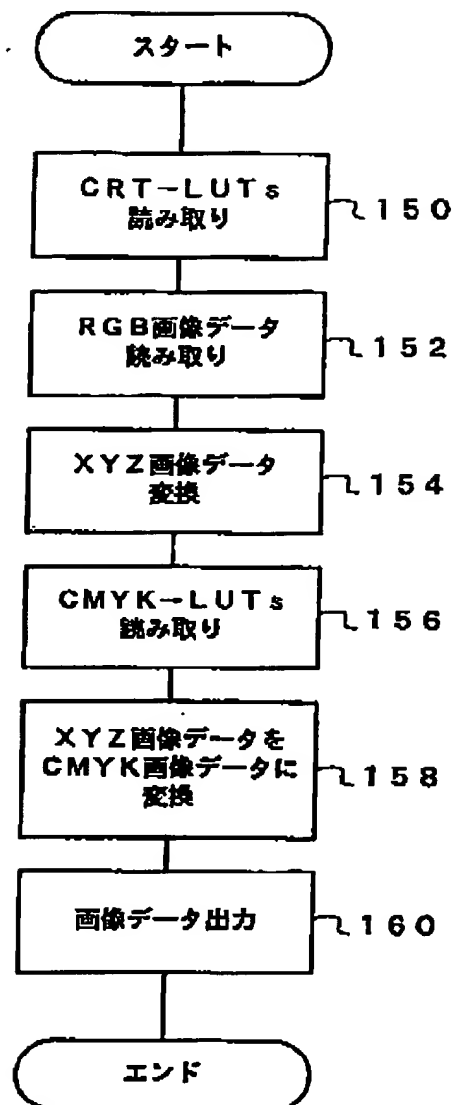
Y M C K テーブル生成
フロー

(31)

特開平9-321996

【図13】

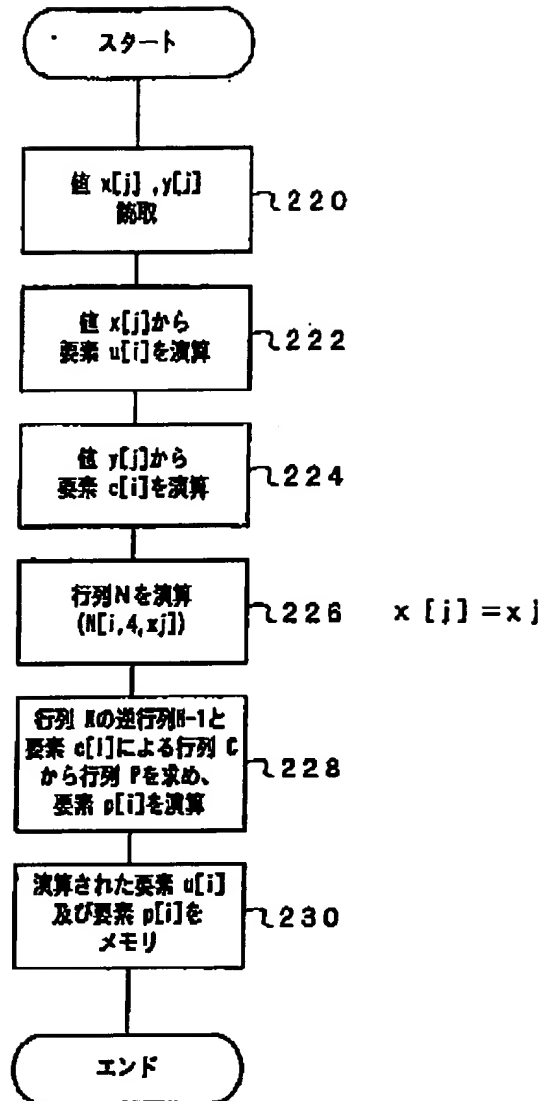
色演算処理フロー



(32)

特開平9-321996

【図14】

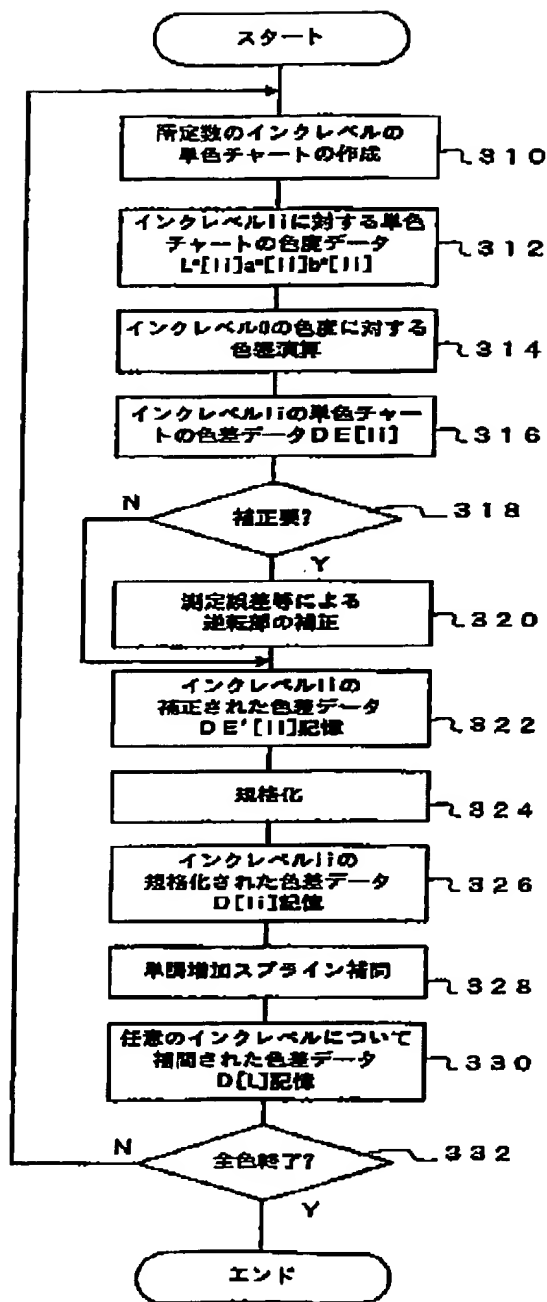
スプライン補間
の前処理

(33)

特開平9-321996

【図19】

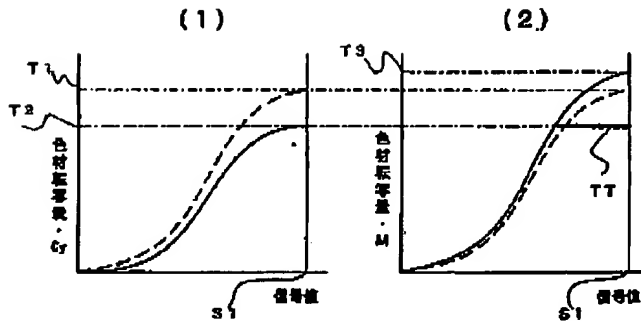
単色特性算出フロー



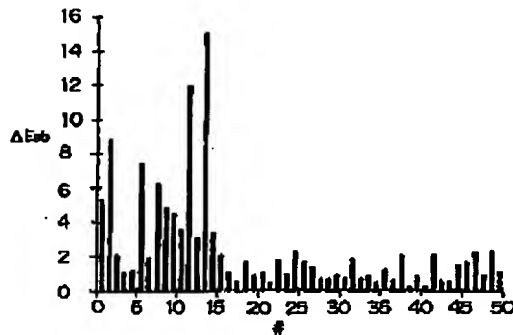
(34)

特開平9-321996

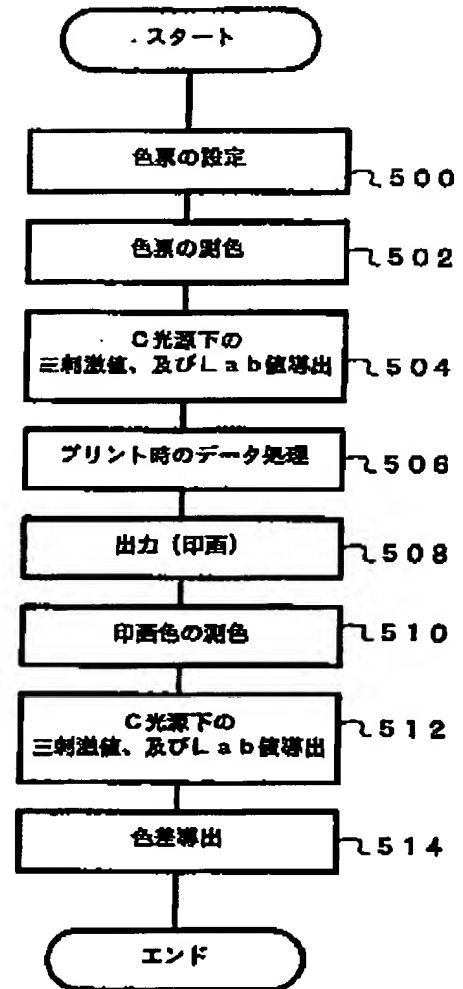
【図22】



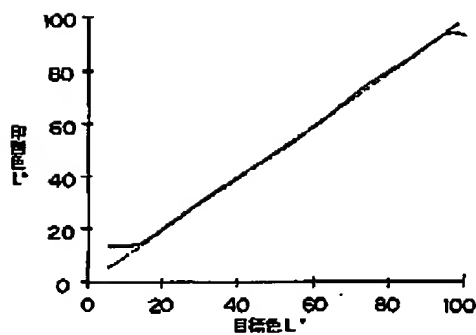
【図26】



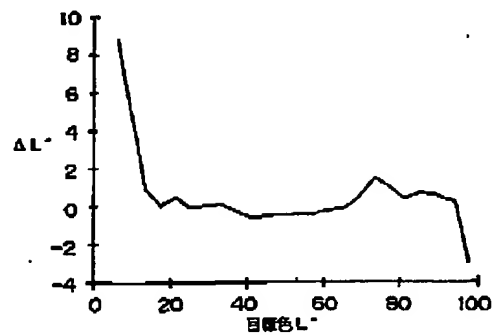
【図23】



【図27】



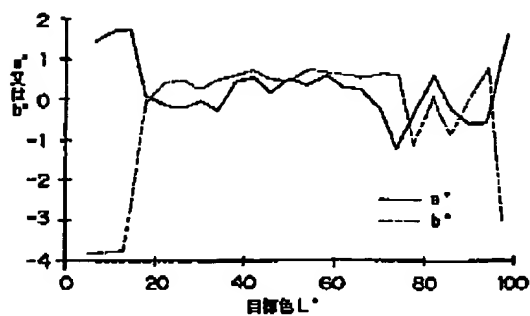
【図28】



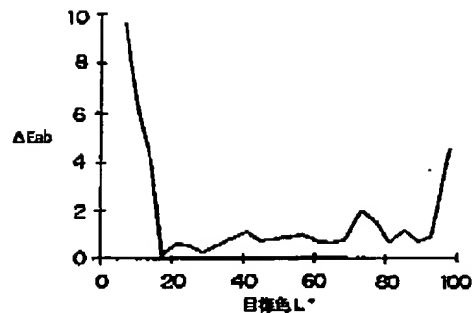
(35)

特開平 9-321996

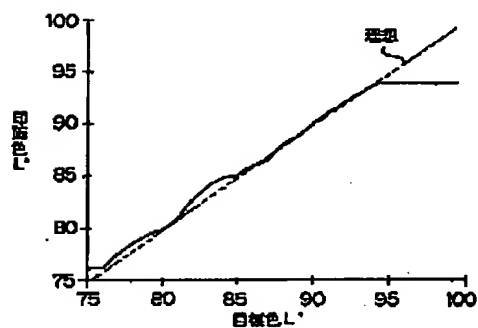
【図 29】



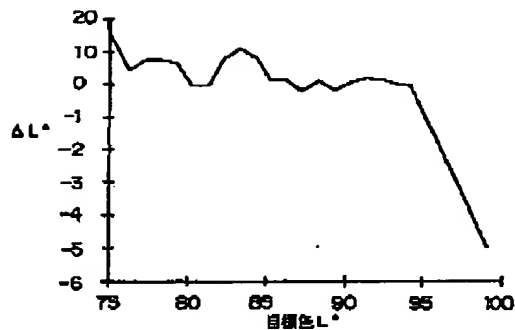
【図 30】



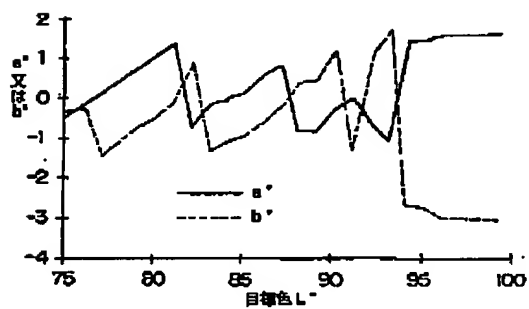
【図 31】



【図 32】



【図 33】



【図 34】

